

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT : Yoshimasa SUZUKI, et al.
SERIAL NO. : (Unassigned)
FILED : (Herewith)
FOR : IMAGING OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL
APPARATUS USING THE SAME
GROUP ART UNIT : (Unassigned)
Examiner : (Unassigned)

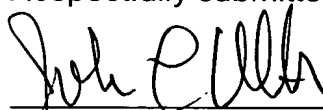
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

Applicants hereby claim the Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 2003-056596 filed in Japan on 04 March 2003. To complete the claim to the Convention Priority Date, a certified copy of said Japanese Patent Application is enclosed.

Respectfully submitted,



John C. Altmiller
(Reg. No. 25,951)

Dated: 26 February 2004

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005-1257

Tel: (202) 220-4200
Fax: (202) 220-4201

(Translation)

**PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT**

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: March 4, 2003

Application Number: Patent Application No. 2003-056596

Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.

October 3, 2003

Commissioner,

Japan Patent Office Yasuo IMAI (seal)

Certificate No. 2003-3081877

[Name of Document] Patent Application

[Reference Number] 03P00090

[Filing Date] March 4, 2003

[Addressee] Commissioner, Patent Office

[Int.Pat. Classification] G02B 13/22

[Inventor]

 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo

 [Name] Yoshimasa SUZUKI

[Inventor]

 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo

 [Name] Tetsuhide TAKEYAMA

[Patent Applicant]

 [Identification Number] 000000376

 [Name] OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.

 [Representative] Tsuyoshi KIKUKAWA

[Agent]

 [Identification Number] 100065824

 [Name] Taiji SHINOHARA

[Nominated Agent]

 [Identification Number] 100104983

 [Name] Masayuki FUJINAKA

[Indication of Fee]

 [Prepayment Register Number] 017938

 [Prepaid Sum] ¥21,000

[List of Submitted Articles]

 [Name of Article] Specification 1

 [Name of Article] Drawings 1

[Name of Article]	Abstract	1
[Number of General Power of Attorney]		0116478
[Whether or not a Proof is Necessary]		Necessary

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月 4日
Date of Application:

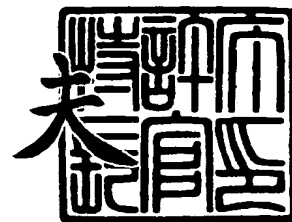
出願番号 特願2003-056596
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-056596]

出願人 オリンパス光学工業株式会社
Applicant(s):

2003年10月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3081877

【書類名】 特許願

【整理番号】 03P00090

【提出日】 平成15年 3月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/22

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 鈴木良政

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 武山哲英

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代表者】 菊川 剛

【代理人】

【識別番号】 100065824

【氏名又は名称】 篠原 泰司

【選任した代理人】

【識別番号】 100104983

【氏名又は名称】 藤中 雅之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 017938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0116478

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 撮像光学系及び撮像光学系を用いた光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群と、前記第 3 レンズ群と第 4 レンズ群との間に配置された開口絞りとを備え、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔、並びに前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間隔を変化させて結像倍率を変更する変倍光学系を少なくとも有する撮像光学系であって、

前記撮像光学系の物像間距離を一定に保ちながら前記結像倍率を変更し、かつ、前記結像倍率を変更したときに少なくとも 1 つの変倍状態において次の条件式を満足することを特徴とする撮像光学系。

$$|E_n|/L > 0.4$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 0.4$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第 1 レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【請求項 2】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像光学系。

$$1.0 < MAXFNO < 8.0$$

$$|\Delta FNO/\Delta \beta| < 5$$

但し、 $MAXFNO$ は前記撮像光学系の結像倍率の変更において最も明るい物体側 F ナンバー、 ΔFNO は前記撮像光学系全系の最小倍率での物体側 F ナンバーと前記撮像光学系全系の最大倍率での物体側 F ナンバーとの差、 $\Delta \beta$ は前記撮像光学系全系の最小倍率と前記撮像光学系全系の最大倍率との差である。

【請求項 3】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の撮像光学系。

$$0.6 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 5.0$$

但し、 $R3f$ は前記第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、 $R3b$ は前記第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径である。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の撮像光学系を用いた光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、目的に応じて結像倍率を変更できる変倍レンズ、および、フィルムに記録された画像等を該フィルムに最適な倍率で撮影できる光学系、およびその光学系を用いた画像変換装置などの光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、両側テレセントリックで、かつ、撮像倍率を変更する撮像光学系は、例えば、次の特許文献1、2等で提案されている。

【0003】

【特許文献1】

特開2001-27726号公報

【特許文献2】

特許第2731481号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1に記載の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群からなり、両側テレセントリックで、かつ、撮像倍率を変更する光学系として構成されている。

しかしながら、特許文献1に記載の光学系は、撮像倍率を変更すると物像間距離が変わるため、倍率変換に合わせて光学系全体を動かす必要が生じてしまう。

【0005】

また、特許文献2に記載の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第

1 レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズからなり、両側テレセントリックで、かつ、物像間距離を一定に保ちながら撮像倍率を変更する光学系として構成されている。

しかしながら、特許文献2に記載の光学系は、例えば、撮像倍率が0.25倍のときの像側のFナンバーが8.741、撮像倍率が1.00倍のときの像側のFナンバーが14.286というように、撮像倍率によってFナンバーが大きく変動してしまう。そのため、撮像倍率を変化させると、それに伴いカメラの明るさ調整を行わなければならないという問題が生じる。

【0006】

本発明は上記問題点を鑑みてなされたものであり、撮像倍率を変化させても物像間距離が一定で、Fナンバーの変動が少ない撮像光学系、及びそれを用いた光学装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明による撮像光学系は、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群と、前記第3レンズ群と第4レンズ群との間に配置された開口絞りとを備え、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔、並びに前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔を変化させて結像倍率を変更する変倍光学系を少なくとも有する撮像光学系であって、前記撮像光学系の物像間距離を一定に保ちながら前記結像倍率を変更し、かつ、前記結像倍率を変更したときに少なくとも1つの変倍状態において次の条件式(1)、(2)を満足することを特徴としている。

$$|E_n|/L > 0.4 \quad \dots(1)$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 0.4 \quad \dots(2)$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第1レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系

の倍率である。

【0008】

また、本発明の撮像光学系は、次の条件式(3)、(4)を満足することを特徴としている。

$$1.0 < \text{MAXFNO} < 8.0 \quad \dots(3)$$

$$|\Delta \text{FNO} / \Delta \beta| < 5 \quad \dots(4)$$

但し、MAXFNOは前記撮像光学系の結像倍率の変更において最も明るい物体側Fナンバー、 ΔFNO は前記撮像光学系全系の最小倍率での物体側Fナンバーと前記撮像光学系全系の最大倍率での物体側Fナンバーとの差、 $\Delta \beta$ は前記撮像光学系全系の最小倍率と前記撮像光学系全系の最大倍率との差である。

【0009】

また、本発明の撮像光学系は、次の条件式(5)を満足することを特徴としている。

$$0.6 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 5.0 \quad \dots(5)$$

但し、R3fは前記第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、R3bは前記第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径である。

【0010】

また、本発明の光学装置は、本発明の撮像光学系を用いたことを特徴としている。

【0011】

【発明の実施の形態】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

上述のように本発明の撮像光学系では、変倍光学系は正、正、負、正の4群で構成されている。そして、絞りよりも前方（物体側）にある物体側のレンズ群は、正の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第2レンズ群と負の屈折力を有する第3レンズ群とで構成され、これら全体で正の屈折力を有するレンズ系となっている。また、絞りよりも後方（像側）にある第4レンズ群を正のパワーを有するレンズ系として構成している。また、前記第3レンズ群と前記第4

レンズ群との間に開口絞りを配置している。

また、本発明の撮像光学系は、物像間距離を一定に保ちながら前記結像倍率を変更するように構成されている。すなわち、本発明の撮像光学系は、共役長が固定されている光学系である。

また、本発明の撮像光学系は、前記結像倍率を変更したときに少なくとも1つの変倍状態において次の条件式(1)、(2)を満足し、両側がテレセントリックに構成されている。

$$|E_n|/L > 0.4 \quad \dots(1)$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 0.4 \quad \dots(2)$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第1レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【0012】

本発明の撮像光学系は、絞りよりも物体側にある第1～第3レンズ群からなるレンズ系の焦点位置に、絞りを配置した構成となっている。この構成により、絞りの像である入射瞳を、無限遠方に投影している。その結果、本発明の撮像光学系は、物体側テレセントリック光学系になっている。

また、本発明の撮像光学系は、絞りよりも像側にある第4レンズ群からなるレンズ系の焦点位置に、絞りを配置した構成となっている。この構成により、絞りの像である射出瞳を、無限遠方に投影している。その結果、本発明の撮像光学系は、像側テレセントリック光学系にもなっている。

【0013】

このように構成された本発明の撮像光学系では、正の屈折力を有する第2レンズ群及び負の屈折力を有する第3レンズ群の両群に、マルチバリエータの役割を持たせている。これにより、絞りよりも物体側にある第1～第3レンズ群の合成焦点距離を、変化させることが可能となる。

また、本発明の撮像光学系では、絞りを、第3レンズ群と正の屈折力を有する第4レンズ群との間に配置する構成としている。また、絞りよりも像側の第4レ

レンズ群には、変倍機能を持たせていない。そして、撮影倍率が変化した場合においても、絞り位置の移動を極力抑制してほぼ固定されるようにしている。このように、絞りの位置を、常に第4レンズ群の焦点位置近傍に配置した構成とすることで、射出側のテレセントリック特性とFナンバーを維持したまま撮影倍率を変更することができる。

【0014】

しかし、撮影倍率変更時にFナンバーを一定に保ちながら、物体側テレセントリック特性を維持し、共役長を固定するためには、次の条件を満足する必要がある。

第1には、変倍時においても、絞りよりも物体側にある第1～第3レンズ群の合成焦点位置に絞り位置を配置する必要がある。

第2には、変倍時においても、物体面から絞り面までの距離をほぼ一定に保つ必要がある。

【0015】

また、正・負・正の構成において、第1レンズ群を正、負の屈折力を持つレンズ群に分割すると、屈折力のバランスがくずれる。そのため、倍率色収差やディストーションが大きくなってしまう。

しかるに、本発明のように第1レンズ群を正、正の屈折力を持つ2つのレンズ群に分割して正、正、負、正の4群構成にすれば、収差の発生量を少なくすることができる。

【0016】

また、両側テレセントリック光学系では、倍率が変化した際にも、絞り位置での軸外光線は光軸に対してほぼ平行になっている。また、絞りよりも像側のレンズ群は第4レンズ群のみであり、この第4レンズ群は移動しないので、焦点距離が一定になる。従って、倍率が変動したときの像側Fナンバーの変動が少ないため、倍率を変えてもカメラの明るさを調整する必要がなくて済む。

【0017】

また、本発明の撮像光学系のように、物体側をテレセントリックに構成すれば、次のような利点がある。

例えば、テレシネ装置（映画用フィルムスキャナ）で説明する。テレシネ装置は、映画用フィルムをデジタル化する装置である。このテレシネ装置は、照明光学系でフィルムを照明し、撮像光学系を経由し、CCD等の固体撮像素子で撮像する構成となっている。

しかるに、このテレシネ装置の撮像光学系において、本発明の撮像光学系のように物体側テレセントリックに構成すれば、照明系と撮像系の瞳のマッチングがとりやすく、光量ロスが少ない。また、フィルムの平坦性の乱れによって生じる、像面上の倍率変化を小さくすることができる。

【0018】

また、本発明の撮像光学系のように、像側をテレセントリックに構成すれば、次のような利点がある。

例えば、RGB等の色毎に撮像素子を用いた、いわゆる多板式カメラで説明する。この多板式カメラでは、一般に色分解プリズムが用いられている。このプリズムは、接合面に、光を波長によって分割する分離干渉膜、すなわちダイクロイック膜を設けた構成となっている。仮に、射出瞳が像面に近い位置にあれば、主光線が干渉膜に入射するときの入射角が画面の像点位置に応じて変化する。その結果、膜厚の光路長が変化して色分離特性が画角ごとに変化して色再現性が異なり、つまり、色シェーディングが起きてしまう。

しかるに、上記多板式カメラの撮像光学系において、本発明の撮像光学系のように像側テレセントリックに構成すれば、色シェーディングを抑制することができる。

【0019】

また、例えば、前記色分解プリズムの像側にCCD等の固体撮像素子を配置するものとする。仮に、射出瞳が像面に近い位置にあれば、主光線が画素に対し斜めに入射する。そのため、主に軸外の入射光がCCD等の構造物に遮られて光量が減少したり、本来の受光部に入るべき光でないものが入射する。その結果、本来の情報以外の信号を出力する状態になる、つまり、シェーディングが起きる。

しかるに、本発明の撮像光学系のように、像側テレセントリックに構成すれば、シェーディングを抑制することができる。

【0020】

また、本発明の撮像光学系は、両側テレセントリックな光学系に構成している。そのため、絞りよりも物体側のレンズ群の焦点距離と、絞りよりも像側のレンズ群の焦点距離との比でほぼ撮像倍率を決定することができる。

また、絞りよりも物体側に位置する各レンズ群の群間隔を変え、絞りよりも物体側レンズ群の焦点距離を変化させている。このようにすることで、撮像倍率を変更することができる。

【0021】

また、本発明の撮像光学系では、第1レンズ群が正の屈折力を有し、絞りの像である入射瞳を無限遠に投影している。このようにすると、第1レンズに対して物体側の主光線を光軸に対して平行に屈折させることで、物体側テレセントリック光学系が実現できる。

【0022】

また、本発明の撮像光学系では、第2レンズ群が正の屈折力を有し、第3レンズ群が負の屈折力を有している。そして、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔を変えて第2レンズ群及び第3レンズ群の合成焦点距離を変えている。即ち、第2レンズ群及び第3レンズ群が、マルチバリエータとして機能するように構成している。このようにすると、第2レンズ群と第3レンズ群を動かすことにより、物体の大きさに合わせて最適な倍率に調整することができる。

【0023】

また、本発明の撮像光学系のように、第3レンズ群を負の屈折力を有するように構成すると、ペッツバル和が大きくなり、像面湾曲のない光学系を実現することができる。

【0024】

また、本発明の撮像光学系では、第4レンズ群に正の屈折力を持たせ、絞りの像である射出瞳を無限遠に投影するように構成している。このようにすると、第4レンズ群に対し像側の主光線を光軸に対して平行にさせることで、物体側テレセントリック光学系が実現できる。

【0025】

また、本発明の上記の変倍機能を備えた撮像光学系を用いて光学装置を構成すると、次のような利点がある。

例えば、前述のように、テレシネ装置で説明する。テレシネ装置は、フィルム撮像装置にビデオカメラを付けた装置であり、フィルムの画像をビデオ信号に変換してデジタル化するように構成されている。

一方、映画用フィルムには複数の規格があり、規格ごとにフィルムの映像部の大きさが異なっている。例えば、35mm標準フィルムは縦16mm横21.95mm、ヨーロッパアンワイドフィルムは縦11.9mm横21.95mmというように、縦横のアスペクト比がフィルム規格によって異なる。CCDの撮像面の寸法は、例えば、2/3型CCD固体撮像素子の場合、縦5.4mm横9.6mmである。高精細高画素で画像を撮影するためには、CCD撮像領域いっばいに画像情報を取得するのが好ましい。そのためには、フィルムの規格に合わせて撮像倍率を変更することが必要となる。

しかるに、本発明の撮像光学系を用いて光学装置を構成すると、例えばテレシネ装置では、様々な規格のフィルムをデジタライズすることができる。その際、撮像倍率を変化させても共役長が変化せず、かつ、像側Fナンバーの変動が少なく変倍することができる。

【0026】

また、例えば、多板式カメラを本発明の撮像光学系を用いて構成すると、色分解プリズムによる色シェーディング、CCDカメラのシェーディングを抑制することができる。また、フィルムに規格等、物体の大きさに合わせて、カメラを動かさずに撮影倍率を変更することができる上、倍率を変えても明るさを調整する必要がなくて済む。

【0027】

なお、本発明の撮像光学系において、さらなる両側テレセントリック性を得るには、前記結像倍率を変更したときに少なくとも1つの変倍状態において上記条件式(1)、(2)に代えて、次の条件式(1')、(2')を満足するとよい。

$$|E_n|/L > 0.8 \quad \dots(1')$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 0.8 \quad \dots(2')$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第1レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【0028】

さらには、次の条件式(1''), (2'')を満足すると、より一層好ましい。

$$|E_n|/L > 1.6 \quad \dots(1'')$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 1.6 \quad \dots(2'')$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第1レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【0029】

また、本発明の撮像光学系においては、条件式(3), (4)でFナンバーの条件を規定している。

$$1.0 < MAXFNO < 8.0 \quad \dots(3)$$

$$|\Delta FNO/\Delta \beta| < 5 \quad \dots(4)$$

但し、 $MAXFNO$ は前記撮像光学系の結像倍率の変更において最も明るい物体側Fナンバー、 ΔFNO は前記撮像光学系全系の最小倍率での物体側Fナンバーと前記撮像光学系全系の最大倍率での物体側Fナンバーとの差、 $\Delta \beta$ は前記撮像光学系全系の最小倍率と前記撮像光学系全系の最大倍率との差である。

【0030】

Fナンバーが明るすぎると、収差補正のためにレンズ枚数を増やす必要がある。そうすると、光学系全長が長くなってしまうという問題がある。一方、Fナンバーが暗すぎると、光量不足のため、動画撮影に適さない。

しかるに、上記条件式(3)を満足すれば、Fナンバーが明るすぎることも暗すぎることもない。よって、上記のような光学系全長が長くなったり、動画撮影に適さないなどといった問題を解消できる。

また、 $|\Delta FNO/\Delta \beta|$ が大きすぎると、変倍時に像側Fナンバーの変動が

大きくなる。そうすると、カメラの明るさ調整を行わなければならなくなってしまう。

しかるに、上記条件式(4)を満足すれば、上記のようなカメラの明るさ調整を行わずに済む。

【0031】

なお、好ましくは、次の条件式(3'), (4')を満足するとよい。

$$2.0 < \text{MAXFNO} < 5.6 \quad \dots(3')$$

$$|\Delta \text{FNO} / \Delta \beta| < 3 \quad \dots(4')$$

さらには、次の条件式(3''), (4'')を満足するとより一層好ましい。

$$3.0 < \text{MAXFNO} < 4.0 \quad \dots(3'')$$

$$|\Delta \text{FNO} / \Delta \beta| < 1 \quad \dots(4'')$$

【0032】

また、本発明の撮像光学系においては、第1レンズ群の最も物体側のレンズが正の屈折力を有するのが好ましい。

第1レンズ群の最も物体側のレンズを正レンズで構成すると、軸外光束を低くすることができるため、収差が小さくなる。

【0033】

さらに、本発明の撮像光学系においては、第1レンズ群を、最も物体側から順に、正、負、正のレンズで構成するのが好ましい。

第1レンズ群を正、負、正のレンズで構成すると、倍率色収差と軸外色収差の補正ができる。

【0034】

また、本発明の撮像光学系においては、以下の条件式(5)を満足するのが好ましい。この条件を満足すると、倍率変更時に第3レンズ群を光軸方向に移動させても、軸外収差の変動を極力小さくすることができる。

$$0.6 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 5.0 \quad \dots(5)$$

但し、 $|(R3f + R3b) / (R3f - R3b)|$ は仮想シェープファクタであり、 $R3f$ は前記第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、 $R3b$ は前記

第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径である。

仮想シェープファクターの上限値を上回ると、第3レンズ群の最も物体側にある面の曲率と第3レンズ群の最も像側にある曲率とが近くなる。そのため、第3レンズ群の屈折力が弱くなりすぎてしまう。その結果、倍率変更時に第3レンズ群の移動量を、大きくとらなければならなくなってしまう。第3レンズ群の移動量が大きいと、軸外光束が第3レンズ群に入射する光線高が変動してしまう。そのため、軸外収差の変動が大きくなってしまう。

一方、仮想シェープファクターの下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎてしまう。この結果、軸外光束の第3レンズ群への入射角が大きくなり、第3レンズ群の移動による軸外収差の変動が大きくなってしまう。

しかるに、上記条件式(5)を満足すれば、第3レンズ群の屈折力が大きすぎることも小さすぎることもなく、上記のような軸外収差の変動が大きくなるといった問題を解消できる。

【0035】

なお、好ましくは、次の条件式(5')を満足するとよい。

$$1. \quad 2 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 3.5 \quad \dots(5')$$

さらには、次の条件式(5'')を満足するとより一層好ましい。

$$2. \quad 0 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 3.0 \quad \dots(5'')$$

【0036】

また、本発明の撮像光学系においては、第3レンズ群が、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズを2つ以上有するのが好ましい。さらには、3つ以上有しているのがより好ましい。

より具体的には、例えば、第3レンズ群が、物体側に凸面を向けた2つの負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズを有しているのが好ましい。

第3レンズ群は、絞りに近接したレンズ群であるため、軸外光線は画角によらずほぼ同じ角度で第3レンズ群のレンズに入射する。

しかるに、物体側に凸面を向けた、即ち物体側の面が正の屈折力を有するメニスカスレンズは、軸上から軸外のそれぞれの画角の光束に対して最小偏角に近い構成をとるため、収差の発生を防止することができる。

【0037】

【実施例】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

第1実施例

図1は本発明による撮像光学系の第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図2は第1実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第1実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0038】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸レンズL1₁と、両凹レンズL1₂と、両凸レンズL1₃とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、両凸レンズL2₄とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL4₁と両凸レンズL4₂との接合レンズと、両凹レンズL4₃と、両凸レンズL4₄と、両凸レンズL4₅と、両凸レンズL4₆とで構成されている。

【0039】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦物体側へ移動した後に像側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は絞りSとともに像側へ移動し、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔がわずかに広がるように像側へ移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0040】

次に、第1実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。数値データ中、 r_0 、 r_1 、 r_2 …は物体側から順に示した各光学部材の面の曲率半径、 d_0 、 d_1 、 d_2 …は物体側から順に示した各光学部材の肉厚又は各光学部材面間の間隔（単位：mm）、 n_{e1} 、 n_{e2} …は物体側から順に示した各光学部材のe線での屈折率、 ν_{e1} 、 ν_{e2} …は物体側から順に示した各光学部材のe線でのアッベ数を表している。なお、これらの記号は、以下の各実施例において共通である。

【0041】

数値データ1

像高：5.783

$$r_0 = \infty \text{ (物体)}$$

$$d_0 = 50.000$$

$$r_1 = \infty \text{ (物体面)}$$

$$d_1 = D_1$$

$$r_2 = 189.5313$$

$$d_2 = 7.308$$

$$n_{e2} = 1.48915$$

$$\nu_{e2} = 70.04$$

$$r_3 = -117.0877$$

$$d_3 = 10.588$$

$$r_4 = -6124.8097$$

$$d_4 = 6.910$$

$$n_{e4} = 1.61639$$

$$\nu_{e4} = 44.15$$

$$r_5 = 67.5133$$

$$d_5 = 12.028$$

$$r_6 = 88.2299$$

$$d_6 = 8.685$$

$$n_{e6} = 1.43985$$

$$\nu_{e6} = 94.53$$

$$r_7 = -425.3119$$

$$d_7 = D_7$$

$$r_8 = 148.1127$$

$$d_8 = 6.000$$

$$n_{e8} = 1.61639$$

$$\nu_{e8} = 44.15$$

$$r_9 = 64.7754$$

$$d_9 = 5.355$$

$$r_{10} = 88.2208$$

$$d_{10} = 8.016$$

$$n_{e10} = 1.43985$$

$$\nu_{e10} = 94.53$$

$$r_{11} = -81.9368$$

$$d_{11} = 1.062$$

$$r_{12} = -69.6148$$

$$d_{12} = 7.000$$

$$n_{e12} = 1.61639$$

$$\nu_{e12} = 44.15$$

$$r_{13} = -171.6506$$

$$d_{13} = 17.627$$

$$r_{14} = 210.1703$$

$$d_{14} = 6.814$$

$$n_{e14} = 1.43985$$

$$\nu_{e14} = 94.53$$

$$r_{15} = -82.3361$$

$$d_{15} = D_{15}$$

$$r_{16} = 40.6305$$

$$d_{16} = 4.323$$

$$n_{e16} = 1.69417$$

$$\nu_{e16} = 30.83$$

$$r_{17} = 250.0598$$

$$d_{17} = 0.300$$

$$r_{18} = 25.0517$$

$$d_{18} = 9.360$$

$$n_{e18} = 1.72538$$

$$\nu_{e18} = 34.47$$

$$r_{19} = 21.5375$$

$$d_{19} = 1.156$$

$$r_{20} = 41.2143$$

$d_{20}=2.000$ $n_{e20}=1.72538$ $\nu_{e20}=34.47$
 $r_{21}=15.8016$
 $d_{21}=2.560$
 $r_{22}=\infty$ (開口絞り)
 $d_{22}=D\ 2\ 2$
 $r_{23}=-29.2488$
 $d_{23}=2.000$ $n_{e23}=1.61669$ $\nu_{e23}=44.02$
 $r_{24}=23.4936$
 $d_{24}=7.647$ $n_{e24}=1.48915$ $\nu_{e24}=70.04$
 $r_{25}=-17.8845$
 $d_{25}=3.043$
 $r_{26}=-13.7038$
 $d_{26}=1.417$ $n_{e26}=1.61639$ $\nu_{e26}=44.15$
 $r_{27}=89.8893$
 $d_{27}=4.829$
 $r_{28}=707.1568$
 $d_{28}=8.564$ $n_{e28}=1.43985$ $\nu_{e28}=94.53$
 $r_{29}=-18.1649$
 $d_{29}=0.325$
 $r_{30}=69.4722$
 $d_{30}=5.111$ $n_{e30}=1.43985$ $\nu_{e30}=94.53$
 $r_{31}=-90.8646$
 $d_{31}=0.300$
 $r_{32}=62.9985$
 $d_{32}=4.778$ $n_{e32}=1.43985$ $\nu_{e32}=94.53$
 $r_{33}=-179.4454$
 $d_{33}=D\ 3\ 3$
 $r_{34}=\infty$
 $d_{34}=33.000$ $n_{e34}=1.61173$ $\nu_{e34}=46.30$

$$r_{35} = \infty$$

$$d_{35} = 13.200 \quad n_{e35} = 1.51825 \quad \nu_{e35} = 63.93$$

$$r_{36} = \infty$$

$$d_{36} = 0.500$$

$$r_{37} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{37} = 0.000$$

【 0 0 4 2 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	39.880	37.812	44.358
D 7	109.204	77.238	48.939
D 1 5	3.000	37.903	60.723
D 2 2	3.552	4.754	6.263
D 3 3	21.051	18.980	16.405

【 0 0 4 3 】

条件式パラメータ等

倍率： β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置： E_n	1160.856	20252.775	-1133.552
物像間距離： L	428.492	428.492	428.492
$ E_n / L$	2.709	47.265	2.645
射出瞳位置： E_x	-352.468	-578.834	-1818.976
$ E_x / L / \beta $	0.247	0.540	2.123
F ナンバー： FNO	3.500	3.536	3.598

$$FNO \text{ の変動量： } \Delta FNO \quad 0.098$$

$$\Delta FNO / \Delta \beta \quad 0.490$$

$$\text{物体側曲率半径： } R_{3f} \quad 40.630$$

$$\text{像側曲率半径： } R_{3b} \quad 15.802$$

$$| (R_{3f} + R_{3b}) / (R_{3f} - R_{3b}) | \quad 2.273$$

【0044】

第2実施例

図3は本発明による撮像光学系の第2実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図4は第2実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第2実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0045】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12'と、両凸レンズL13とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL23と、両凸レンズL24とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL33とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL41と両凸レンズL42との接合レンズと、両凹レンズL43と、両凸レンズL44と、両凸レンズL45と、両凸レンズL46とで構成されている。

【0046】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦物体側へ移動した後に像側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は絞りSとともに位置が固定され、第4レンズ群G4は第3レンズ群G3との間隔がわずかに広がるように像側へ移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【 0 0 4 7 】

次に、第 2 実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 2

像高： 5 . 7 8 3

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 50.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = D_1$

$r_2 = 172.4277$

$d_2 = 6.648$

$n_{e2} = 1.48915$

$\nu_{e2} = 70.04$

$r_3 = -112.2625$

$d_3 = 7.313$

$r_4 = 1492.6672$

$d_4 = 7.985$

$n_{e4} = 1.61639$

$\nu_{e4} = 44.15$

$r_5 = 62.4069$

$d_5 = 12.125$

$r_6 = 79.8565$

$d_6 = 9.415$

$n_{e6} = 1.43985$

$\nu_{e6} = 94.53$

$r_7 = -1585.7009$

$d_7 = D_7$

$r_8 = 151.8708$

$d_8 = 6.000$

$n_{e8} = 1.61639$

$\nu_{e8} = 44.15$

$r_9 = 64.4718$

$d_9 = 5.384$

$r_{10} = 86.7203$

$d_{10} = 8.163$

$n_{e10} = 1.43985$

$\nu_{e10} = 94.53$

$r_{11} = -80.8037$

$d_{11} = 1.049$

$$r_{12} = -68.7719$$

$$d_{12} = 6.410$$

$$n_{e12} = 1.61639$$

$$\nu_{e12} = 44.15$$

$$r_{13} = -178.7270$$

$$d_{13} = 16.603$$

$$r_{14} = 219.0646$$

$$d_{14} = 6.722$$

$$n_{e14} = 1.43985$$

$$\nu_{e14} = 94.53$$

$$r_{15} = -81.1984$$

$$d_{15} = D_{15}$$

$$r_{16} = 40.1465$$

$$d_{16} = 4.375$$

$$n_{e16} = 1.69417$$

$$\nu_{e16} = 30.83$$

$$r_{17} = 229.4681$$

$$d_{17} = 0.300$$

$$r_{18} = 24.8118$$

$$d_{18} = 9.366$$

$$n_{e18} = 1.72538$$

$$\nu_{e18} = 34.47$$

$$r_{19} = 21.1952$$

$$d_{19} = 1.169$$

$$r_{20} = 40.9998$$

$$d_{20} = 2.000$$

$$n_{e20} = 1.72538$$

$$\nu_{e20} = 34.47$$

$$r_{21} = 15.9793$$

$$d_{21} = 2.555$$

$$r_{22} = \infty \text{ (開口絞り)}$$

$$d_{22} = D_{22}$$

$$r_{23} = -29.1565$$

$$d_{23} = 2.000$$

$$n_{e23} = 1.61669$$

$$\nu_{e23} = 44.02$$

$$r_{24} = 23.6864$$

$$d_{24} = 7.373$$

$$n_{e24} = 1.48915$$

$$\nu_{e24} = 70.04$$

$$r_{25} = -18.0561$$

$$d_{25} = 3.435$$

$$r_{26} = -13.7966$$

$d_{26}=1.355$ $n_{e26}=1.61639$ $\nu_{e26}=44.15$
 $r_{27}=84.7189$
 $d_{27}=4.778$
 $r_{28}=547.3608$
 $d_{28}=8.544$ $n_{e28}=1.43985$ $\nu_{e28}=94.53$
 $r_{29}=-18.0837$
 $d_{29}=0.300$
 $r_{30}=70.0296$
 $d_{30}=5.063$ $n_{e30}=1.43985$ $\nu_{e30}=94.53$
 $r_{31}=-93.9274$
 $d_{31}=0.388$
 $r_{32}=58.3720$
 $d_{32}=4.869$ $n_{e32}=1.43985$ $\nu_{e32}=94.53$
 $r_{33}=-203.9907$
 $d_{33}=D\ 3\ 3$
 $r_{34}=\infty$
 $d_{34}=33.000$ $n_{e34}=1.61173$ $\nu_{e34}=46.30$
 $r_{35}=\infty$
 $d_{35}=13.200$ $n_{e35}=1.51825$ $\nu_{e35}=63.93$
 $r_{36}=\infty$
 $d_{36}=0.500$
 $r_{37}=\infty$ (撮像面)
 $d_{37}=0.000$

【 0 0 4 8 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	43.904	39.311	43.788
D 7	110.381	79.183	50.950
D 1 5	3.089	38.880	62.637

D 2 2	3.559	5.250	7.195
D 3 3	20.639	18.949	17.003

【 0 0 4 9 】

条件式パラメータ等

倍率： β	0.3倍	0.4倍	0.5倍
入射瞳位置： E_n	1124.667	16516.516	-1141.823
物像間距離： L	429.959	429.959	429.959
$ E_n /L$	2.616	38.414	2.656
射出瞳位置： E_x	-351.154	-741.700	24496.963
$ E_x / L/\beta $	0.245	0.690	28.488
Fナンバー： FNO	3.500	3.560	3.646

FNOの変動量： ΔFNO 0.146 $\Delta FNO/\Delta \beta$ 0.729物体側曲率半径： R_{3f} 38.452像側曲率半径： R_{3b} 17.589 $|(R_{3f} + R_{3b}) / (R_{3f} - R_{3b})|$ 2.686

【 0 0 5 0 】

第3実施例

図5は本発明による撮像光学系の第3実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図6は第3実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第3実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0051】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸レンズL1₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₂'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₃'とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、両凸レンズL2₄とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL4₁と両凸レンズL4₂との接合レンズと、両凹レンズL4₃と、両凸レンズL4₄と、両凸レンズL4₅と、両凸レンズL4₆とで構成されている。

【0052】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦物体側へ移動した後に像側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は絞りSとともに第4レンズ群G4との間隔がわずかに広がるように物体側へ移動し、第4レンズ群G4は位置が固定されている。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0053】

次に、第3実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ3

像高: 5.783

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 50.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = D_1$

$r_2 = 67.5689$

$d_2 = 7.816$	$n_{e2} = 1.48915$	$\nu_{e2} = 70.04$
$r_3 = -335.3716$		
$d_3 = 0.300$		
$r_4 = 140.6380$		
$d_4 = 6.025$	$n_{e4} = 1.61639$	$\nu_{e4} = 44.15$
$r_5 = 45.2535$		
$d_5 = 8.810$		
$r_6 = 57.6476$		
$d_6 = 11.963$	$n_{e6} = 1.43985$	$\nu_{e6} = 94.53$
$r_7 = 109.0130$		
$d_7 = D_7$		
$r_8 = 140.9050$		
$d_8 = 6.209$	$n_{e8} = 1.61639$	$\nu_{e8} = 44.15$
$r_9 = 59.1517$		
$d_9 = 5.421$		
$r_{10} = 89.7738$		
$d_{10} = 7.460$	$n_{e10} = 1.43985$	$\nu_{e10} = 94.53$
$r_{11} = -74.4487$		
$d_{11} = 1.335$		
$r_{12} = -57.6329$		
$d_{12} = 7.000$	$n_{e12} = 1.61639$	$\nu_{e12} = 44.15$
$r_{13} = -145.4391$		
$d_{13} = 15.344$		
$r_{14} = 312.0611$		
$d_{14} = 8.089$	$n_{e14} = 1.43985$	$\nu_{e14} = 94.53$
$r_{15} = -66.7614$		
$d_{15} = D_{15}$		
$r_{16} = 42.2336$		
$d_{16} = 4.331$	$n_{e16} = 1.69417$	$\nu_{e16} = 30.83$

$$r_{17}=254.0344$$

$$d_{17}=0.300$$

$$r_{18}=24.1640$$

$$d_{18}=9.326$$

$$n_{e18}=1.72538$$

$$\nu_{e18}=34.47$$

$$r_{19}=20.0169$$

$$d_{19}=1.206$$

$$r_{20}=36.3821$$

$$d_{20}=2.000$$

$$n_{e20}=1.72538$$

$$\nu_{e20}=34.47$$

$$r_{21}=16.7574$$

$$d_{21}=2.601$$

$$r_{22}=\infty \text{ (開口絞り)}$$

$$d_{22}=D \ 2 \ 2$$

$$r_{23}=-26.7471$$

$$d_{23}=2.030$$

$$n_{e23}=1.61669$$

$$\nu_{e23}=44.02$$

$$r_{24}=24.0157$$

$$d_{24}=5.463$$

$$n_{e24}=1.48915$$

$$\nu_{e24}=70.04$$

$$r_{25}=-17.6590$$

$$d_{25}=4.328$$

$$r_{26}=-13.4729$$

$$d_{26}=1.058$$

$$n_{e26}=1.61639$$

$$\nu_{e26}=44.15$$

$$r_{27}=93.0104$$

$$d_{27}=4.726$$

$$r_{28}=913.0291$$

$$d_{28}=8.540$$

$$n_{e28}=1.43985$$

$$\nu_{e28}=94.53$$

$$r_{29}=-17.8834$$

$$d_{29}=0.300$$

$$r_{30}=81.9603$$

$$d_{30}=6.985$$

$$n_{e30}=1.43985$$

$$\nu_{e30}=94.53$$

$$r_{31}=-64.2115$$

$$d_{31}=3.523$$

$$r_{32}=60.0466$$

$$d_{32}=6.110$$

$$n_{e32}=1.43985$$

$$\nu_{e32}=94.53$$

$$r_{33}=-318.5459$$

$$d_{33}=19.314$$

$$r_{34}=\infty$$

$$d_{34}=33.000$$

$$n_{e34}=1.61173$$

$$\nu_{e34}=46.30$$

$$r_{35}=\infty$$

$$d_{35}=13.200$$

$$n_{e35}=1.51825$$

$$\nu_{e35}=63.93$$

$$r_{36}=\infty$$

$$d_{36}=0.500$$

$$r_{37}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{37}=0.000$$

【 0 0 5 4 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	50.134	38.319	43.946
D 7	107.947	77.883	43.657
D 1 5	3.000	42.757	69.242
D 2 2	3.638	5.759	7.874

【 0 0 5 5 】

条件式パラメータ等

倍率： β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置： E_n	1271.479	-18393.929	-1095.982
物像間距離： L	429.334	429.334	429.334
$ E_n /L$	2.962	42.843	2.553
射出瞳位置： E_x	-362.746	-906.100	4824.866
$ E_x / L/\beta $	0.253	0.844	5.619
F ナンバー： FNO	3.500	3.593	3.687

FNOの変動量: ΔFNO	0.187
$\Delta FNO / \Delta \beta$	0.935
物体側曲率半径: $R3f$	42.234
像側曲率半径: $R3b$	16.757
$ (R3f + R3b) / (R3f - R3b) $	2.316

【0056】

第4実施例

図7は本発明による撮像光学系の第4実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図8は第4実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第4実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0057】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸レンズL1₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₂'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₃'とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、両凸レンズL2₄とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL4₁と両凸レンズL4₂との接合レンズと、

両凹レンズ L_{43} と、両凸レンズ L_{44} と、両凸レンズ L_{45} と、両凸レンズ L_{46} とで構成されている。

【0058】

無限遠物点合焦時において 0.3 倍から 0.5 倍へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G_1 は像側へ移動し、第 2 レンズ群 G_2 は物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G_3 は像側へ移動し、第 4 レンズ群 G_4 は絞り S とともに第 3 レンズ群 G_3 との間隔がわずかに広がるように像側へ移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0059】

次に、第 4 実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 4

像高：5.783

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 50.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = D_1$

$r_2 = 107.8560$

$d_2 = 7.337$

$n_{e2} = 1.48915$

$\nu_{e2} = 70.04$

$r_3 = -119.7849$

$d_3 = 3.971$

$r_4 = 454.1088$

$d_4 = 7.857$

$n_{e4} = 1.61639$

$\nu_{e4} = 44.15$

$r_5 = 49.9355$

$d_5 = 12.309$

$r_6 = 64.2291$

$d_6 = 6.018$

$n_{e6} = 1.43985$

$\nu_{e6} = 94.53$

$r_7 = 300.8668$

$d_7 = D_7$

$r_8 = 126.3256$

$d_8 = 6.000$ $n_{e8} = 1.61639$ $\nu_{e8} = 44.15$
 $r_9 = 56.4062$
 $d_9 = 6.775$
 $r_{10} = 81.4055$
 $d_{10} = 8.793$ $n_{e10} = 1.43985$ $\nu_{e10} = 94.53$
 $r_{11} = -83.1434$
 $d_{11} = 1.494$
 $r_{12} = -63.8486$
 $d_{12} = 7.000$ $n_{e12} = 1.61639$ $\nu_{e12} = 44.15$
 $r_{13} = -133.7944$
 $d_{13} = 15.757$
 $r_{14} = 330.3809$
 $d_{14} = 7.640$ $n_{e14} = 1.43985$ $\nu_{e14} = 94.53$
 $r_{15} = -69.3107$
 $d_{15} = D 1 5$
 $r_{16} = 40.1299$
 $d_{16} = 4.652$ $n_{e16} = 1.69417$ $\nu_{e16} = 30.83$
 $r_{17} = 187.3566$
 $d_{17} = 0.300$
 $r_{18} = 24.6796$
 $d_{18} = 9.359$ $n_{e18} = 1.72538$ $\nu_{e18} = 34.47$
 $r_{19} = 20.3802$
 $d_{19} = 1.377$
 $r_{20} = 39.2697$
 $d_{20} = 2.000$ $n_{e20} = 1.72538$ $\nu_{e20} = 34.47$
 $r_{21} = 16.0804$
 $d_{21} = D 2 1$
 $r_{22} = \infty$ (開口絞り)
 $d_{22} = 3.575$

$$r_{23} = -30.0984$$

$$d_{23} = 2.000$$

$$n_{e23} = 1.61669$$

$$\nu_{e23} = 44.02$$

$$r_{24} = 23.9795$$

$$d_{24} = 8.757$$

$$n_{e24} = 1.48915$$

$$\nu_{e24} = 70.04$$

$$r_{25} = -18.9682$$

$$d_{25} = 3.837$$

$$r_{26} = -14.1963$$

$$d_{26} = 0.817$$

$$n_{e26} = 1.61639$$

$$\nu_{e26} = 44.15$$

$$r_{27} = 101.4717$$

$$d_{27} = 4.565$$

$$r_{28} = 1012.5847$$

$$d_{28} = 8.419$$

$$n_{e28} = 1.43985$$

$$\nu_{e28} = 94.53$$

$$r_{29} = -18.1103$$

$$d_{29} = 0.629$$

$$r_{30} = 69.9749$$

$$d_{30} = 4.880$$

$$n_{e30} = 1.43985$$

$$\nu_{e30} = 94.53$$

$$r_{31} = -123.8898$$

$$d_{31} = 0.928$$

$$r_{32} = 61.1846$$

$$d_{32} = 4.997$$

$$n_{e32} = 1.43985$$

$$\nu_{e32} = 94.53$$

$$r_{33} = -136.6736$$

$$d_{33} = D \ 3 \ 3$$

$$r_{34} = \infty$$

$$d_{34} = 33.000$$

$$n_{e34} = 1.61173$$

$$\nu_{e34} = 46.30$$

$$r_{35} = \infty$$

$$d_{35} = 13.200$$

$$n_{e35} = 1.51825$$

$$\nu_{e35} = 63.93$$

$$r_{36} = \infty$$

$$d_{36} = 0.500$$

$$r_{37} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{37}=0.000$$

【0 0 6 0】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	38.765	44.451	53.283
D 7	117.344	81.410	52.958
D 1 5	3.000	34.932	56.369
D 2 1	2.614	3.787	5.228
D 3 3	21.660	18.803	15.544

【0 0 6 1】

条件式パラメータ等

倍率： β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置： E_n	1117.828	5171.585	-1158.986
物像間距離： L	432.125	432.125	432.125
$ E_n /L$	2.587	11.968	2.682
射出瞳位置： E_x	-357.630	-357.630	-357.630
$ E_x / L/\beta $	0.248	0.331	0.485
F ナンバー： FNO	3.500	3.479	3.414
FNO の変動量： ΔFNO	-0.046		
$\Delta FNO/\Delta \beta$	-0.228		
物体側曲率半径： R_{3f}	40.130		
像側曲率半径： R_{3b}	16.080		
$ (R_{3f}+R_{3b})/(R_{3f}-R_{3b}) $	2.337		

【0 0 6 2】

第5実施例

図9は本発明による撮像光学系の第5実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0. 3 倍、(b)は0. 4 倍、(c)は0. 5 倍における状態を示している。図10は第5実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0. 4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第5実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0063】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズL11'と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13'とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凸レンズL22と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL23と、両凸レンズL24とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL33とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL41と両凸レンズL42との接合レンズと、両凹レンズL43と、両凸レンズL44と、両凸レンズL45と、両凸レンズL46とで構成されている。

【0064】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦物体側へ移動した後に像側へ移動し、第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は第4レンズ群G4との間隔がわずかに広がるように物体側へ移動し、第4レンズ群G4は絞りSとともに位置が固定されている。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0065】

次に、第5実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ5

像高 : 5 . 7 8 3

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 50.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = D_1$

$r_2 = 53.6678$

$d_2 = 7.850$

$n_{e2} = 1.48915$

$\nu_{e2} = 70.04$

$r_3 = \infty$

$d_3 = 0.300$

$r_4 = 74.4381$

$d_4 = 6.000$

$n_{e4} = 1.61639$

$\nu_{e4} = 44.15$

$r_5 = 34.5362$

$d_5 = 8.043$

$r_6 = 39.1043$

$d_6 = 4.857$

$n_{e6} = 1.43985$

$\nu_{e6} = 94.53$

$r_7 = 52.1576$

$d_7 = D_7$

$r_8 = 149.0540$

$d_8 = 6.000$

$n_{e8} = 1.61639$

$\nu_{e8} = 44.15$

$r_9 = 50.6084$

$d_9 = 6.908$

$r_{10} = 78.4447$

$d_{10} = 9.096$

$n_{e10} = 1.43985$

$\nu_{e10} = 94.53$

$r_{11} = -67.1214$

$d_{11} = 1.239$

$r_{12} = -55.5198$

$d_{12} = 7.000$

$n_{e12} = 1.61639$

$\nu_{e12} = 44.15$

$r_{13} = -130.4767$

$d_{13} = 17.549$

$$r_{14}=526.4312$$

$$d_{14}=10.495$$

$$n_{e14}=1.43985$$

$$\nu_{e14}=94.53$$

$$r_{15}=-60.7655$$

$$d_{15}=D\ 1\ 5$$

$$r_{16}=42.8799$$

$$d_{16}=4.607$$

$$n_{e16}=1.69417$$

$$\nu_{e16}=30.83$$

$$r_{17}=241.5957$$

$$d_{17}=0.300$$

$$r_{18}=24.0062$$

$$d_{18}=9.266$$

$$n_{e18}=1.72538$$

$$\nu_{e18}=34.47$$

$$r_{19}=20.0630$$

$$d_{19}=1.423$$

$$r_{20}=37.0493$$

$$d_{20}=2.000$$

$$n_{e20}=1.72538$$

$$\nu_{e20}=34.47$$

$$r_{21}=16.8163$$

$$d_{21}=D\ 2\ 1$$

$$r_{22}=\infty\ (\text{開口絞り})$$

$$d_{22}=3.685$$

$$r_{23}=-27.7248$$

$$d_{23}=2.000$$

$$n_{e23}=1.61669$$

$$\nu_{e23}=44.02$$

$$r_{24}=25.1231$$

$$d_{24}=5.991$$

$$n_{e24}=1.48915$$

$$\nu_{e24}=70.04$$

$$r_{25}=-18.8837$$

$$d_{25}=4.943$$

$$r_{26}=-14.1386$$

$$d_{26}=0.553$$

$$n_{e26}=1.61639$$

$$\nu_{e26}=44.15$$

$$r_{27}=103.4372$$

$$d_{27}=4.610$$

$$r_{28}=946.2142$$

$d_{28}=8.426$ $n_{e28}=1.43985$ $\nu_{e28}=94.53$
 $r_{29}=-18.1453$
 $d_{29}=0.300$
 $r_{30}=79.1515$
 $d_{30}=7.210$ $n_{e30}=1.43985$ $\nu_{e30}=94.53$
 $r_{31}=-65.2376$
 $d_{31}=5.640$
 $r_{32}=63.0290$
 $d_{32}=6.581$ $n_{e32}=1.43985$ $\nu_{e32}=94.53$
 $r_{33}=-291.4522$
 $d_{33}=19.405$
 $r_{34}=\infty$
 $d_{34}=33.000$ $n_{e34}=1.61173$ $\nu_{e34}=46.30$
 $r_{35}=\infty$
 $d_{35}=13.200$ $n_{e35}=1.51825$ $\nu_{e35}=63.93$
 $r_{36}=\infty$
 $d_{36}=0.500$
 $r_{37}=\infty$ (撮像面)
 $d_{37}=0.000$

【 0 0 6 6 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	42.960	38.372	47.817
D 7	105.480	70.527	33.769
D 1 5	3.000	40.551	66.211
D 2 1	2.679	4.670	6.322

【 0 0 6 7 】

条件式パラメータ等

倍率： β 0. 3 倍 0. 4 倍 0. 5 倍

入射瞳位置：E n	1295.110	24846.034	-1103.070
物像間距離：L	423.096	423.096	423.096
E n / L	3.061	58.724	2.607
射出瞳位置：E x	-366.274	-366.274	-366.274
E x / L / β	0.260	0.346	0.433
F ナンバー：F N O	3.500	3.500	3.500

F N O の変動量： Δ F N O	0.000
Δ F N O / $\Delta \beta$	-0.002
物体側曲率半径：R 3 f	42.880
像側曲率半径：R 3 b	16.816
(R 3 f + R 3 b) / (R 3 f - R 3 b)	2.290

【 0 0 6 8 】

第 6 実施例

図 1 1 は本発明による撮像光学系の第 6 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0. 3 倍、(b)は 0. 4 倍、(c)は 0. 5 倍における状態を示している。図 1 2 は第 6 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0. 4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第 6 実施例の撮像光学系は、変倍光学系 Z を有して構成されている。図中、P はプリズム、C G はカバーガラス、I は撮像面である。

変倍光学系 Z は、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、開口絞り S と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とを備えている。

【 0 0 6 9 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、両凸レンズ L 1 1 と、両凹レンズ L 1 2 と、両凸レンズ L 1 3 とで構成されている。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 1 と、両凸レンズ L 2 2 と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L

2₃と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL 2₄' とで構成されている。

第3レンズ群G 3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3₃とで構成されている。

第4レンズ群G 4は、両凹レンズL 4₁と両凸レンズL 4₂との接合レンズと、両凹レンズL 4₃と、両凸レンズL 4₄と、両凸レンズL 4₅と、両凸レンズL 4₆とで構成されている。

【0070】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G 1は物体側へ移動し、第2レンズ群G 2は第1レンズ群G 1との間隔が広がるように物体側へ移動し、第3レンズ群G 3は絞りSとともに像側へ移動し、第4レンズ群G 4は第3レンズ群G 3との間隔がわずかに広がるように像側へ移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0071】

次に、第6実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 6

像高: 5.783

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 50.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = D_1$

$r_2 = 361.3250$

$d_2 = 12.000$

$n_{e2} = 1.48915$

$\nu_{e2} = 70.04$

$r_3 = -65.3190$

$d_3 = 0.300$

$r_4 = -90.3503$

$d_4 = 8.000$

$n_{e4} = 1.61639$

$\nu_{e4} = 44.15$

$r_5 = 45.5593$

$d_5 = 11.355$
 $r_6 = 65.7955$
 $d_6 = 12.000$ $n_{e6} = 1.43985$ $\nu_{e6} = 94.53$
 $r_7 = -101.4028$
 $d_7 = D_7$
 $r_8 = 113.0032$
 $d_8 = 7.000$ $n_{e8} = 1.61639$ $\nu_{e8} = 44.15$
 $r_9 = 53.1618$
 $d_9 = 7.854$
 $r_{10} = 84.6315$
 $d_{10} = 8.348$ $n_{e10} = 1.43985$ $\nu_{e10} = 94.53$
 $r_{11} = -82.9242$
 $d_{11} = 2.346$
 $r_{12} = -51.6817$
 $d_{12} = 6.901$ $n_{e12} = 1.61639$ $\nu_{e12} = 44.15$
 $r_{13} = -78.9538$
 $d_{13} = 0.300$
 $r_{14} = -746.1406$
 $d_{14} = 7.363$ $n_{e14} = 1.43985$ $\nu_{e14} = 94.53$
 $r_{15} = -54.9986$
 $d_{15} = D_{15}$
 $r_{16} = 40.2152$
 $d_{16} = 4.672$ $n_{e16} = 1.69417$ $\nu_{e16} = 30.83$
 $r_{17} = 202.9669$
 $d_{17} = 0.300$
 $r_{18} = 25.2156$
 $d_{18} = 9.337$ $n_{e18} = 1.72538$ $\nu_{e18} = 34.47$
 $r_{19} = 20.5989$
 $d_{19} = 1.486$

$$r_{20}=47.2290$$

$$d_{20}=2.000$$

$$n_{e20}=1.72538$$

$$\nu_{e20}=34.47$$

$$r_{21}=17.1952$$

$$d_{21}=D\ 2\ 1$$

$$r_{22}=\infty\ (\text{開口絞り})$$

$$d_{22}=8.090$$

$$r_{23}=-31.8155$$

$$d_{23}=12.000$$

$$n_{e23}=1.61669$$

$$\nu_{e23}=44.02$$

$$r_{24}=23.4115$$

$$d_{24}=6.316$$

$$n_{e24}=1.48915$$

$$\nu_{e24}=70.04$$

$$r_{25}=-23.1015$$

$$d_{25}=1.525$$

$$r_{26}=-17.3296$$

$$d_{26}=0.137$$

$$n_{e26}=1.61639$$

$$\nu_{e26}=44.15$$

$$r_{27}=121.5936$$

$$d_{27}=4.365$$

$$r_{28}=236.9154$$

$$d_{28}=8.477$$

$$n_{e28}=1.43985$$

$$\nu_{e28}=94.53$$

$$r_{29}=-20.8758$$

$$d_{29}=0.300$$

$$r_{30}=78.3373$$

$$d_{30}=5.274$$

$$n_{e30}=1.43985$$

$$\nu_{e30}=94.53$$

$$r_{31}=-103.6059$$

$$d_{31}=0.983$$

$$r_{32}=81.5041$$

$$d_{32}=5.879$$

$$n_{e32}=1.43985$$

$$\nu_{e32}=94.53$$

$$r_{33}=-103.9512$$

$$d_{33}=D\ 3\ 3$$

$$r_{34}=\infty$$

$$d_{34}=33.000 \quad n_{e34}=1.61173 \quad \nu_{e34}=46.30$$

$$r_{35}=\infty$$

$$d_{35}=13.200 \quad n_{e35}=1.51825 \quad \nu_{e35}=63.93$$

$$r_{36}=\infty$$

$$d_{36}=0.500$$

$$r_{37}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{37}=0.000$$

【 0 0 7 2 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 1	68.668	51.352	36.703
D 7	65.281	56.350	50.311
D 1 5	3.000	32.024	53.396
D 2 1	2.770	2.825	3.398
D 3 3	20.686	17.854	16.597

【 0 0 7 3 】

条件式パラメータ等

倍率 : β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置 : E_n	140.733	198.229	329.610
物像間距離 : L	412.012	412.012	412.012
$ E_n /L$	0.342	0.481	0.800
射出瞳位置 : E_x	2022.944	2022.944	2022.944
$ E_x / L/\beta $	1.473	1.964	2.455
F ナンバー : FNO	3.500	3.511	3.516

$$FNO \text{ の変動量 : } \Delta FNO \quad 0.016$$

$$\Delta FNO / \Delta \beta \quad 0.082$$

$$\text{物体側曲率半径 : } R_{3f} \quad 40.215$$

$$\text{像側曲率半径 : } R_{3b} \quad 17.195$$

$$\left| (R3f + R3b) / (R3f - R3b) \right| \quad 2.494$$

【0074】

第7実施例

図13は本発明による撮像光学系の第7実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図14は第7実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.34倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第7実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、GLは平行平板、P1、P2はプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0075】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸レンズL1₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₂'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₃'とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、両凸レンズL2₄とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成されている。

第4レンズ群G4は、両凹レンズL4₁と両凸レンズL4₂との接合レンズと、両凹レンズL4₃と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₄'と、両凸レンズL4₅と、両凸レンズL4₆とで構成されている。

【0076】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レ

レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は第 1 レンズ群 G 1 との間隔が狭まるように物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は絞り S とともに像側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は第 3 レンズ群 G 3 との間隔がわずかに広がるように像側へ移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【 0 0 7 7 】

次に、第 7 実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 7

像高： 5 . 7 8 3

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 51.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = 9.260$

$n_{e1} = 1.51825$

$\nu_{e1} = 63.93$

$r_2 = \infty$

$d_2 = 2.740$

$r_3 = \infty$

$d_3 = 35.000$

$r_4 = \infty$

$d_4 = 60.000$

$n_{e4} = 1.51825$

$\nu_{e4} = 63.93$

$r_5 = \infty$

$d_5 = D_5$

$r_6 = 206.3131$

$d_6 = 6.508$

$n_{e6} = 1.48915$

$\nu_{e6} = 70.04$

$r_7 = -156.0897$

$d_7 = 15.114$

$r_8 = 130.1657$

$d_8 = 8.000$

$n_{e8} = 1.61639$

$\nu_{e8} = 44.15$

$r_9 = 61.3830$

$d_9 = 1.693$

$$r_{10}=80.8720$$

$$d_{10}=12.000$$

$$n_{e10}=1.43985$$

$$\nu_{e10}=94.53$$

$$r_{11}=232.8980$$

$$d_{11}=D\ 1\ 1$$

$$r_{12}=672.7620$$

$$d_{12}=6.836$$

$$n_{e12}=1.61639$$

$$\nu_{e12}=44.15$$

$$r_{13}=82.8549$$

$$d_{13}=2.818$$

$$r_{14}=110.5678$$

$$d_{14}=9.282$$

$$n_{e14}=1.43985$$

$$\nu_{e14}=94.53$$

$$r_{15}=-65.4332$$

$$d_{15}=0.300$$

$$r_{16}=-67.0268$$

$$d_{16}=6.107$$

$$n_{e16}=1.61639$$

$$\nu_{e16}=44.15$$

$$r_{17}=-156.9702$$

$$d_{17}=50.171$$

$$r_{18}=160.2358$$

$$d_{18}=10.874$$

$$n_{e18}=1.43985$$

$$\nu_{e18}=94.53$$

$$r_{19}=-98.7058$$

$$d_{19}=D\ 1\ 9$$

$$r_{20}=37.4259$$

$$d_{20}=5.034$$

$$n_{e20}=1.69417$$

$$\nu_{e20}=30.83$$

$$r_{21}=212.9113$$

$$d_{21}=0.300$$

$$r_{22}=22.9775$$

$$d_{22}=8.363$$

$$n_{e22}=1.72538$$

$$\nu_{e22}=34.47$$

$$r_{23}=18.2286$$

$$d_{23}=1.827$$

$$r_{24}=101.2051$$

$d_{24}=2.247$ $n_{e24}=1.72538$ $\nu_{e24}=34.47$
 $r_{25}=17.6992$
 $d_{25}=2.554$
 $r_{26}=\infty$ (開口絞り)
 $d_{26}=D\ 2\ 6$
 $r_{27}=-55.3149$
 $d_{27}=2.589$ $n_{e27}=1.61669$ $\nu_{e27}=44.02$
 $r_{28}=20.3875$
 $d_{28}=11.136$ $n_{e28}=1.48915$ $\nu_{e28}=70.04$
 $r_{29}=-22.7793$
 $d_{29}=2.967$
 $r_{30}=-17.4070$
 $d_{30}=2.255$ $n_{e30}=1.61639$ $\nu_{e30}=44.15$
 $r_{31}=660.0000$
 $d_{31}=5.164$
 $r_{32}=-361.4116$
 $d_{32}=9.280$ $n_{e32}=1.43985$ $\nu_{e32}=94.53$
 $r_{33}=-21.6618$
 $d_{33}=0.300$
 $r_{34}=57.4166$
 $d_{34}=5.104$ $n_{e34}=1.43985$ $\nu_{e34}=94.53$
 $r_{35}=-177.5066$
 $d_{35}=0.350$
 $r_{36}=61.7155$
 $d_{36}=4.849$ $n_{e36}=1.43985$ $\nu_{e36}=94.53$
 $r_{37}=-672.7620$
 $d_{37}=D\ 3\ 7$
 $r_{38}=\infty$
 $d_{38}=33.000$ $n_{e38}=1.61173$ $\nu_{e38}=46.30$

$$r_{39} = \infty$$

$$d_{39} = 13.200 \quad n_{e39} = 1.51825 \quad \nu_{e39} = 63.93$$

$$r_{40} = \infty$$

$$d_{40} = 0.500$$

$$r_{41} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{41} = 0.000$$

【 0 0 7 8 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 5	32.142	28.009	24.962
D 1 1	58.194	27.683	8.473
D 1 9	3.000	39.963	64.634
D 2 6	3.340	5.440	7.048
D 3 7	23.777	19.357	15.336

【 0 0 7 9 】

条件式パラメータ等

倍率: β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置: E_n	1215.330	17052.978	-1195.682
物像間距離: L	467.675	467.675	467.675
$ E_n / L$	2.599	36.463	2.557
射出瞳位置: E_x	-361.027	-890.944	-13016.681
$ E_x / L / \beta $	0.232	0.762	13.916
F ナンバー: FNO	3.500	3.517	3.556

$$FNO \text{ の変動量: } \Delta FNO \quad 0.056$$

$$\Delta FNO / \Delta \beta \quad 0.280$$

$$\text{物体側曲率半径: } R_{3f} \quad 37.426$$

$$\text{像側曲率半径: } R_{3b} \quad 17.699$$

$$| (R_{3f} + R_{3b}) / (R_{3f} - R_{3b}) | \quad 2.794$$

【0080】

第8実施例

図15は本発明による撮像光学系の第8実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図16は第8実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第8実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Gは平行平板、P1、P2はプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0081】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL1₁と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL1₂'と、両凸レンズL1₃とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL2₄'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₅とで構成されている。

第3レンズ群G3は、両凸レンズL3₁'と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4₁'と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₂'と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4₃'と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₄'と、両凸レンズL4₅と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4₆'とで構成されている。

【 0 0 8 2 】

無限遠物点合焦時において 0.3 倍から 0.5 倍へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 は物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G 2 は第 1 レンズ群 G 1 との間隔が広がるように物体側へ移動し、第 3 レンズ群 G 3 は絞り S とともに第 2 レンズ群 G 2 との間隔がわずかに広がるように物体側へ移動し、第 4 レンズ群 G 4 は一旦わずかに像側へ移動した後に物体側へわずかに移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【 0 0 8 3 】

次に、第 8 実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 8

像高： 5.783

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 51.000$

$r_1 = \infty$ (物体面)

$d_1 = 9.260$

$n_{e1} = 1.51825$

$\nu_{e1} = 63.93$

$r_2 = \infty$

$d_2 = 2.740$

$r_3 = \infty$

$d_3 = 35.000$

$r_4 = \infty$

$d_4 = 60.000$

$n_{e4} = 1.51825$

$\nu_{e4} = 63.93$

$r_5 = \infty$

$d_5 = D_5$

$r_6 = -218.393$

$d_6 = 11.966$

$n_{e6} = 1.48915$

$\nu_{e6} = 70.04$

$r_7 = -59.981$

$d_7 = 0.724$

$r_8 = -58.074$

$d_8 = 8.000$

$n_{e8} = 1.61639$

$\nu_{e8} = 44.15$

$$r_9 = -192.015$$

$$d_9 = 0.300$$

$$r_{10} = 453.258$$

$$d_{10} = 11.399$$

$$n_{e10} = 1.43985$$

$$\nu_{e10} = 94.53$$

$$r_{11} = -95.008$$

$$d_{11} = D_1$$

$$r_{12} = 111.240$$

$$d_{12} = 6.982$$

$$n_{e12} = 1.61639$$

$$\nu_{e12} = 44.15$$

$$r_{13} = 49.021$$

$$d_{13} = 0.808$$

$$r_{14} = 52.125$$

$$d_{14} = 6.307$$

$$n_{e14} = 1.43985$$

$$\nu_{e14} = 94.53$$

$$r_{15} = -602.409$$

$$d_{15} = 3.345$$

$$r_{16} = -51.702$$

$$d_{16} = 7.000$$

$$n_{e16} = 1.61639$$

$$\nu_{e16} = 44.15$$

$$r_{17} = -123.131$$

$$d_{17} = 0.300$$

$$r_{18} = -267.367$$

$$d_{18} = 5.244$$

$$n_{e18} = 1.43985$$

$$\nu_{e18} = 94.53$$

$$r_{19} = -59.230$$

$$d_{19} = 0.300$$

$$r_{20} = 62.890$$

$$d_{20} = 5.562$$

$$n_{e20} = 1.43985$$

$$\nu_{e20} = 94.53$$

$$r_{21} = 208.855$$

$$d_{21} = D_2$$

$$r_{22} = 109.670$$

$$d_{22} = 4.560$$

$$n_{e22} = 1.67765$$

$$\nu_{e22} = 31.84$$

$$r_{23} = -261.555$$

$d_{23}=4.236$
 $r_{24}=27.656$
 $d_{24}=9.660$ $n_{e24}=1.83945$ $\nu_{e24}=42.47$
 $r_{25}=22.416$
 $d_{25}=3.719$
 $r_{26}=591.785$
 $d_{26}=2.000$ $n_{e26}=1.83945$ $\nu_{e26}=42.47$
 $r_{27}=32.027$
 $d_{27}=2.504$
 $r_{28}=\infty$ (開口絞り)
 $d_{28}=D\ 2\ 8$
 $r_{29}=235.972$
 $d_{29}=3.058$ $n_{e29}=1.61639$ $\nu_{e29}=44.15$
 $r_{30}=39.062$
 $d_{30}=3.236$
 $r_{31}=-23.495$
 $d_{31}=6.117$ $n_{e31}=1.43985$ $\nu_{e31}=94.53$
 $r_{32}=-17.821$
 $d_{32}=0.300$
 $r_{33}=-18.080$
 $d_{33}=4.802$ $n_{e33}=1.61639$ $\nu_{e33}=44.15$
 $r_{34}=-31.126$
 $d_{34}=0.300$
 $r_{35}=-67.557$
 $d_{35}=4.329$ $n_{e35}=1.43985$ $\nu_{e35}=94.53$
 $r_{36}=-32.513$
 $d_{36}=0.300$
 $r_{37}=81.623$
 $d_{37}=4.159$ $n_{e37}=1.43985$ $\nu_{e37}=94.53$

$$r_{38} = -357.038$$

$$d_{38} = 0.484$$

$$r_{39} = 34.763$$

$$d_{39} = 5.000$$

$$n_{e39} = 1.43985$$

$$\nu_{e39} = 94.53$$

$$r_{40} = 244.020$$

$$d_{40} = D\ 4\ 0$$

$$r_{41} = \infty$$

$$d_{41} = 33.000$$

$$n_{e41} = 1.61173$$

$$\nu_{e41} = 46.30$$

$$r_{42} = \infty$$

$$d_{42} = 13.200$$

$$n_{e42} = 1.51825$$

$$\nu_{e42} = 63.93$$

$$r_{43} = \infty$$

$$d_{43} = 0.500$$

$$r_{44} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{44} = 0$$

【 0 0 8 4 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 5	193.324	142.895	90.403
D 1 1	3.000	43.660	80.930
D 2 1	3.160	6.077	8.978
D 2 8	20.516	27.628	34.649
D 4 0	11.289	11.032	16.330

【 0 0 8 5 】

条件式パラメータ等

倍率： β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置： E_n	89.768	209.179	450.391
物像間距離： L	562.991	562.991	562.991
$ E_n / L$	0.159	0.372	0.800
射出瞳位置： E_x	-355.985	-5834.634	634.502

$ E_x / L/\beta $	0.190	4.145	0.564
F ナンバー: FNO	3.500	3.789	4.037

FNO の変動量: ΔFNO 0.537

$\Delta FNO/\Delta \beta$ 2.685

物体側曲率半径: $R3f$ 109.670

像側曲率半径: $R3b$ 32.027

$|(R3f + R3b)/(R3f - R3b)|$ 1.825

【0086】

第9実施例

図17は本発明による撮像光学系の第9実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。図18は第9実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第9実施例の撮像光学系は、変倍光学系Zを有して構成されている。図中、Pはプリズム、CGはカバーガラス、Iは撮像面である。

変倍光学系Zは、物体側から像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備えている。

【0087】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL1₁と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL1₂'と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL1₃とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₁と、両凸レンズL2₂と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2₃と、両凸レンズL2₄と、両凸レンズL2₅'とで構成されている。

第3レンズ群G3は、両凸レンズL3₁と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₂と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₃とで構成され

ている。

第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4₁”と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₂’と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL4₃’と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₄’と、両凸レンズL4₅と、両凸レンズL4₆とで構成されている。

【0088】

無限遠物点合焦時において0.3倍から0.5倍へと変倍する際には、第1レンズ群G1は物体側へ移動し、第2レンズ群G2は第1レンズ群G1との間隔が広がるように物体側へ移動し、第3レンズ群G3は絞りSとともに第2レンズ群G2との間隔が広がるように物体側へ移動し、第4レンズ群G4は一旦わずかに像側へ移動した後に物体側へわずかに移動する。

また、変倍時における物像間距離は一定に保たれている。

【0089】

次に、第9実施例の撮像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ9

像高: 5.783

$r_0 = \infty$ (物体)

$d_0 = 21.000$

$r_1 = \infty$ (物体)

$d_1 = 26.161$

$r_2 = \infty$ (物体面)

$d_2 = D_2$

$r_3 = -153.3010$

$d_3 = 12.000$

$n_{e3} = 1.48915$

$\nu_{e3} = 70.04$

$r_4 = -56.0044$

$d_4 = 6.782$

$r_5 = -42.5771$

$d_5 = 8.000$

$n_{e5} = 1.61639$

$\nu_{e5} = 44.15$

$r_6 = -173.4981$

$d_6 = 15.255$
 $r_7 = -454.5776$
 $d_7 = 12.000$ $n_{e7} = 1.43985$ $\nu_{e7} = 94.53$
 $r_8 = -54.2450$
 $d_8 = D_8$
 $r_9 = 74.1238$
 $d_9 = 7.000$ $n_{e9} = 1.61639$ $\nu_{e9} = 44.15$
 $r_{10} = 47.9620$
 $d_{10} = 0.782$
 $r_{11} = 50.6461$
 $d_{11} = 6.639$ $n_{e11} = 1.43985$ $\nu_{e11} = 94.53$
 $r_{12} = -395.4325$
 $d_{12} = 2.526$
 $r_{13} = -67.4730$
 $d_{13} = 6.000$ $n_{e13} = 1.61639$ $\nu_{e13} = 44.15$
 $r_{14} = -489.0704$
 $d_{14} = 0.300$
 $r_{15} = 162.7339$
 $d_{15} = 5.252$ $n_{e15} = 1.43985$ $\nu_{e15} = 94.53$
 $r_{16} = -122.6735$
 $d_{16} = 0.300$
 $r_{17} = 377.7299$
 $d_{17} = 4.142$ $n_{e17} = 1.43985$ $\nu_{e17} = 94.53$
 $r_{18} = -202.1041$
 $d_{18} = D_{18}$
 $r_{19} = 108.3047$
 $d_{19} = 4.106$ $n_{e19} = 1.67765$ $\nu_{e19} = 31.84$
 $r_{20} = -192.0405$
 $d_{20} = 0.454$

$$r_{21}=25.9085$$

$$d_{21}=9.623$$

$$n_{e21}=1.83945$$

$$\nu_{e21}=42.47$$

$$r_{22}=24.8614$$

$$d_{22}=2.939$$

$$r_{23}=50.8391$$

$$d_{23}=2.000$$

$$n_{e23}=1.83945$$

$$\nu_{e23}=42.47$$

$$r_{24}=18.5107$$

$$d_{24}=3.223$$

$$r_{25}=\infty \text{ (開口絞り)}$$

$$d_{25}=D_{25}$$

$$r_{26}=-23.8975$$

$$d_{26}=8.198$$

$$n_{e26}=1.61639$$

$$\nu_{e26}=44.15$$

$$r_{27}=-142.2318$$

$$d_{27}=1.569$$

$$r_{28}=-27.6769$$

$$d_{28}=12.000$$

$$n_{e28}=1.43985$$

$$\nu_{e28}=94.53$$

$$r_{29}=-15.4629$$

$$d_{29}=0.617$$

$$r_{30}=-15.4255$$

$$d_{30}=2.000$$

$$n_{e30}=1.61639$$

$$\nu_{e30}=44.15$$

$$r_{31}=-31.9175$$

$$d_{31}=0.300$$

$$r_{32}=-193.4359$$

$$d_{32}=5.561$$

$$n_{e32}=1.43985$$

$$\nu_{e32}=94.53$$

$$r_{33}=-30.6965$$

$$d_{33}=0.300$$

$$r_{34}=190.3831$$

$$d_{34}=4.818$$

$$n_{e34}=1.43985$$

$$\nu_{e34}=94.53$$

$$r_{35}=-61.6979$$

$$d_{35}=0.300$$

$$r_{36}=63.1906$$

$$d_{36}=4.652$$

$$n_{e36}=1.43985$$

$$\nu_{e36}=94.53$$

$$r_{37}=-264.7349$$

$$d_{37}=D\ 3\ 7$$

$$r_{38}=\infty$$

$$d_{38}=33.000$$

$$n_{e38}=1.61173$$

$$\nu_{e38}=46.30$$

$$r_{39}=\infty$$

$$d_{39}=13.200$$

$$n_{e39}=1.51825$$

$$\nu_{e39}=63.93$$

$$r_{40}=\infty$$

$$d_{40}=0.500$$

$$r_{41}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{41}=0.000$$

【 0 0 9 0 】

ズームデータ

	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
D 2	131.948	109.433	66.283
D 8	3.000	7.576	32.565
D 1 8	3.338	20.375	31.678
D 2 5	6.470	11.057	13.774
D 3 7	16.892	13.207	17.349

【 0 0 9 1 】

条件式パラメータ等

倍率 : β	0. 3 倍	0. 4 倍	0. 5 倍
入射瞳位置 : E_n	104.859	165.265	302.380
物像間距離 : L	405.147	405.147	405.147
$ E_n /L$	0.259	0.408	0.746
射出瞳位置 : E_x	-368.020	2564.601	598.424
$ E_x / L/\beta $	0.273	2.532	0.739

【0093】

【表2】

	第4 実施例	第5 実施例	第6 実施例
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta=0.3$)	2.59	3.06	0.34
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta=0.4$)	11.97	58.72	0.48
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta=0.5$)	2.68	2.61	0.80
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta=0.3$)	0.25	0.26	1.47
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta=0.4$)	0.33	0.35	1.96
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta=0.5$)	0.41	0.43	2.46
条件式(1), (2)	○	○	○
条件式(1'), (2')	×	×	○
条件式(1''), (2'')	×	×	×
0.3倍と0.5倍とにおける物像間距離の差	0.00000	0.00000	0.00000
最も明るい物体側FナンバーMAXFNO	3.45	3.5	3.5
$ \Delta FNO/\Delta\beta $	0.228	0.002	0.082
条件式(3), (4)	○	○	○
条件式(3'), (4')	○	○	○
条件式(3''), (4'')	○	○	○
第1レンズ群のレンズ配置 正	○	○	○
第1レンズ群のレンズ配置 正、負	○	○	○
第1レンズ群のレンズ配置 正、負、正	○	○	○
第3レンズ群仮想シェープファクター $ (R3f+R3b)/(R3f-R3b) $	2.34	2.29	2.494
条件式(5)	○	○	○
条件式(5')	○	○	○
条件式(5'')	○	○	○
第3レンズ群:物体側に凸面を向けたメニ スカスレンズ2つ以上	○	○	○
第3レンズ群:物体側に凸面を向けたメニ スカスレンズ3つ以上	○	○	○

※○:条件式を満足する。×:条件式を満足しない。

【0094】

【表 3】

	第 7 実施例	第 8 実施例	第 9 実施例
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta = 0.3$)	2.60	0.16	0.26
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta = 0.4$)	36.46	0.37	0.41
物体側テレセン性 $ E_n /L$ ($\beta = 0.5$)	2.56	0.80	0.75
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta = 0.3$)	0.23	0.19	0.27
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta = 0.4$)	0.76	4.15	2.53
像側テレセン性 $ E_n / L/\beta $ ($\beta = 0.5$)	13.92	0.56	0.74
条件式 (1), (2)	○	○	○
条件式 (1'), (2')	○	×	×
条件式 (1''), (2'')	○	×	×
0.3 倍と 0.5 倍とにおける物像間距離の差	0.00000	0.00000	0.00000
最も明るい物体側 F ナンバー MAXFNO	3.51	3.5	3.5
$ \Delta FNO / \Delta \beta $	0.304	2.685	1.693
条件式 (3), (4)	○	○	○
条件式 (3'), (4')	○	○	○
条件式 (3''), (4'')	○	×	×
第 1 レンズ群のレンズ配置 正	○	○	○
第 1 レンズ群のレンズ配置 正、負	○	○	○
第 1 レンズ群のレンズ配置 正、負、正	○	○	○
第 3 レンズ群仮想シェープファクター $ (R3f+R3b)/(R3f-R3b) $	2.69	1.83	1.41
条件式 (5)	○	○	○
条件式 (5')	○	○	○
条件式 (5'')	○	×	×
第 3 レンズ群: 物体側に凸面を向けたメニ スカスレンズ 2 つ以上	○	○	○
第 3 レンズ群: 物体側に凸面を向けたメニ スカスレンズ 3 つ以上	○	×	×

※○: 条件式を満足する。×: 条件式を満足しない。

【0095】

さて、以上のような本発明の撮像光学系は、映画フィルムスキャナー（テレシネ装置）や、高さ測定装置などの光学装置に用いることができる。

以下に、その実施形態を例示する。

【0096】

図 19 は本発明の撮像光学系を用いたテレシネ装置の一実施形態を示す概念図である。

本実施形態のテレシネ装置は、映画フィルムを投影するための光源 11 と、リール 12, 13 に巻き取られる映画フィルム 14 と、本発明の各実施例に示したような構成の撮像光学系 15 と、CCD カメラ 16 とを有して構成されている。なお、図において撮像光学系 15 は具体的な構成を省略して示してある。

このように構成された本実施形態のテレシネ装置では、光源 11 から出射された光は、映画フィルム 14 を投影し、投影光が撮像光学系 15 を経て CCD カメラ 16 で撮像される。

撮像光学系 15 では、映画フィルム 14 の大きさに合わせて、撮像光学系 15 で CCD カメラ 16 の撮像領域全体に映画フィルム 14 の画像情報が撮像されるように倍率変更を行うことができる。

【0097】

本実施形態のテレシネ装置によれば、撮像光学系 15 は、両側テレセントリックで、撮像倍率を変化させても共役長が変わらない、このため、各部材の位置調整をしなくて済む。また、像側 F ナンバーの変動が少なく、光量ロスが少なくなるため、明るさ調整もしなくて済む。

また、フィルム等撮影物体の平坦性の乱れによって生じる像面上の倍率変化も小さくすることができる。

【0098】

図 20 は本発明の撮像光学系を用いた高さ測定装置の一実施形態を示す概略構成図である。なお、本実施形態では撮像光学系の構成を共焦点光学系として用いている。

本実施形態の高さ測定装置は、光源 21 と、偏光ビームスプリッタ 22 と、複数のピンホールが設けられた円盤 23 と、 $\lambda/4$ 板 24 と、本発明の各実施例に示した撮像光学系と同様に構成された共焦点光学系 25 と、XYZ ステージ 26 と、結像レンズ 27 と、撮像素子 28 と、円盤 23 を駆動するモータ 29 と、XYZ ステージ 26 を駆動するステージ駆動機構 30 と、撮像素子 28 を駆動する撮像素子駆動機構 31 と、モータ 29、ステージ駆動機構 30、撮像素子駆動機構 31 の駆動を制御するコンピュータ 32 とで構成されている。

【0099】

このように構成された本実施形態の高さ検出装置では、光源 21 から出射された光のうち P S いずれかの直線偏光成分の光を偏光ビームスプリッタ 22 を介して反射し、円盤 23 上のピンホールを通過させ、 $\lambda/4$ 板 24 で位相を 45 度ずらし共焦点光学系 24 を介して XYZ ステージ 26 上の試料 33 のある 1 点に照

射する。そして、試料 33 で反射した光を、共焦点光学系 25 を通過させ、 $\lambda/4$ 板 24 で位相を 45 度ずらし、円盤 23 上のスポットを通過させ、偏光ビームスプリッタ 22 を透過させ、結像レンズ 27 を介して撮像素子 28 で撮像する。そして、コンピュータ 32 を介してモータ 29 を駆動することで、試料 33 の全面を走査することができる。このとき、駆動機構 30 あるいは駆動機構 31 を光軸方向に変化させながら撮像素子 28 で撮像される試料 33 の共焦点画像の光の強度が極大になる位置を求めることにより試料の高さが検出される。

また、試料 33 の大きさに合わせて共焦点光学系 25 の倍率を変更することができるようになっている。

【0100】

本実施形態の高さ検出装置においても、共焦点光学系 25 は、両側テレセントリックで、倍率を変化させても共役長が変わらない、このため、各部材の位置調整をしなくて済む。また、像側 F ナンバーの変動が少なく、光量ロスが少なくなるため、明るさ調整もしなくて済む。

【0101】

以上説明したように、本発明の撮像光学系及びそれを用いた光学装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【0102】

(1) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像光学系。

$$|E_n|/L > 0.8$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 0.8$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第 1 レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【0103】

(2) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は上記 (1) に記載の撮像光学系。

$$|E_n|/L > 1.6$$

$$|E_x|/|L/\beta| > 1.6$$

但し、 E_n は前記変倍光学系の物体側第1レンズ面から前記撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は前記撮像光学系の物像間距離、 E_x は前記変倍光学系の像側最終レンズ面から前記撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は前記撮像光学系全系の倍率である。

【0104】

(3) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1、2、上記(1)、(2)のいずれかに記載の撮像光学系。

$$2.0 < \text{MAXFNO} < 5.6$$

$$|\Delta\text{FNO}/\Delta\beta| < 3$$

但し、 MAXFNO は前記撮像光学系の結像倍率の変更において最も明るい物体側Fナンバー、 ΔFNO は前記撮像光学系全系の最小倍率での物体側Fナンバーと前記撮像光学系全系の最大倍率での物体側Fナンバーとの差、 $\Delta\beta$ は前記撮像光学系全系の最小倍率と前記撮像光学系全系の最大倍率との差である。

【0105】

(4) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(3)のいずれかに記載の撮像光学系。

$$3.0 < \text{MAXFNO} < 4.0$$

$$|\Delta\text{FNO}/\Delta\beta| < 1$$

但し、 MAXFNO は前記撮像光学系の結像倍率の変更において最も明るい物体側Fナンバー、 ΔFNO は前記撮像光学系全系の最小倍率での物体側Fナンバーと前記撮像光学系全系の最大倍率での物体側Fナンバーとの差、 $\Delta\beta$ は前記撮像光学系全系の最小倍率と前記撮像光学系全系の最大倍率との差である。

【0106】

(5) 前記第1レンズ群の最も物体側のレンズが正の屈折力を有することを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(4)のいずれかに記載の撮像光学系。

【0107】

(6) 前記第1レンズ群が、最も物体側から正、負、正のレンズで構成されていることを特徴とする請求項1、2、上記(1)～(5)のいずれかに記載の撮像

光学系。

【0108】

(7) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(6)のいずれかに記載の撮像光学系。

$$1. \quad 2 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 3.5$$

但し、 $R3f$ は前記第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、 $R3b$ は前記第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径である。

【0109】

(8) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(7)のいずれかに記載の撮像光学系。

$$2. \quad 0 < |(R3f + R3b) / (R3f - R3b)| < 3.0$$

但し、 $R3f$ は前記第3レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、 $R3b$ は前記第3レンズ群の最も像側の面の曲率半径である。

【0110】

(9) 前記第3レンズ群が、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズを2つ以上有していることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(8)のいずれかに記載の撮像光学系。

【0111】

(10) 前記第3レンズ群が、物体側に凸面を向けたメニスカスレンズを3つ以上有していることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(9)のいずれかに記載の撮像光学系。

【0112】

(11) 前記第3レンズ群が、2つの負の屈折力を有するメニスカスレンズと1つの正の屈折力を有するメニスカスレンズを有していることを特徴とする上記(9)又は(10)に記載の撮像光学系。

【0113】

(12) 上記(1)～(11)のいずれかに記載の撮像光学系を用いた光学装置

。

【0114】

【発明の効果】

本発明によれば、撮像倍率を変化させても物像間距離が一定で、Fナンバーの変動が少ない撮像光学系、及びそれを用いた光学装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明による撮像光学系の第 1 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 2】

第 1 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3】

本発明による撮像光学系の第 2 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 4】

第 2 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 5】

本発明による撮像光学系の第 3 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 6】

第 3 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 7】

本発明による撮像光学系の第 4 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 8】

第 4 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 9】

本発明による撮像光学系の第 5 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 1 0】

第 5 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 1 1】

本発明による撮像光学系の第 6 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 1 2】

第 6 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 1 3】

本発明による撮像光学系の第 7 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 1 4】

第 7 実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が 0.4 倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 1 5】

本発明による撮像光学系の第 8 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は 0.3 倍、(b)は 0.4 倍、(c)は 0.5 倍における状態を示している。

【図 1 6】

第8実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図17】

本発明による撮像光学系の第9実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は0.3倍、(b)は0.4倍、(c)は0.5倍における状態を示している。

【図18】

第9実施例にかかる撮像光学系の撮像倍率が0.4倍での無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図19】

本発明の撮像光学系を用いたテレシネ装置の一実施形態を示す概念図である。

【図20】

本発明の撮像光学系を用いた高さ測定装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【符号の説明】

C G	カバーガラス
P, P 1, P 2	プリズム
I	撮像面
G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群
L 1 1	両凸レンズ
L 1 1''	物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ
L 1 1'	物体側が凸面で像側が平面の平凸レンズ
L 1 2	両凹レンズ
L 1 2'	物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ
L 1 3	両凸レンズ
L 1 3'	物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ

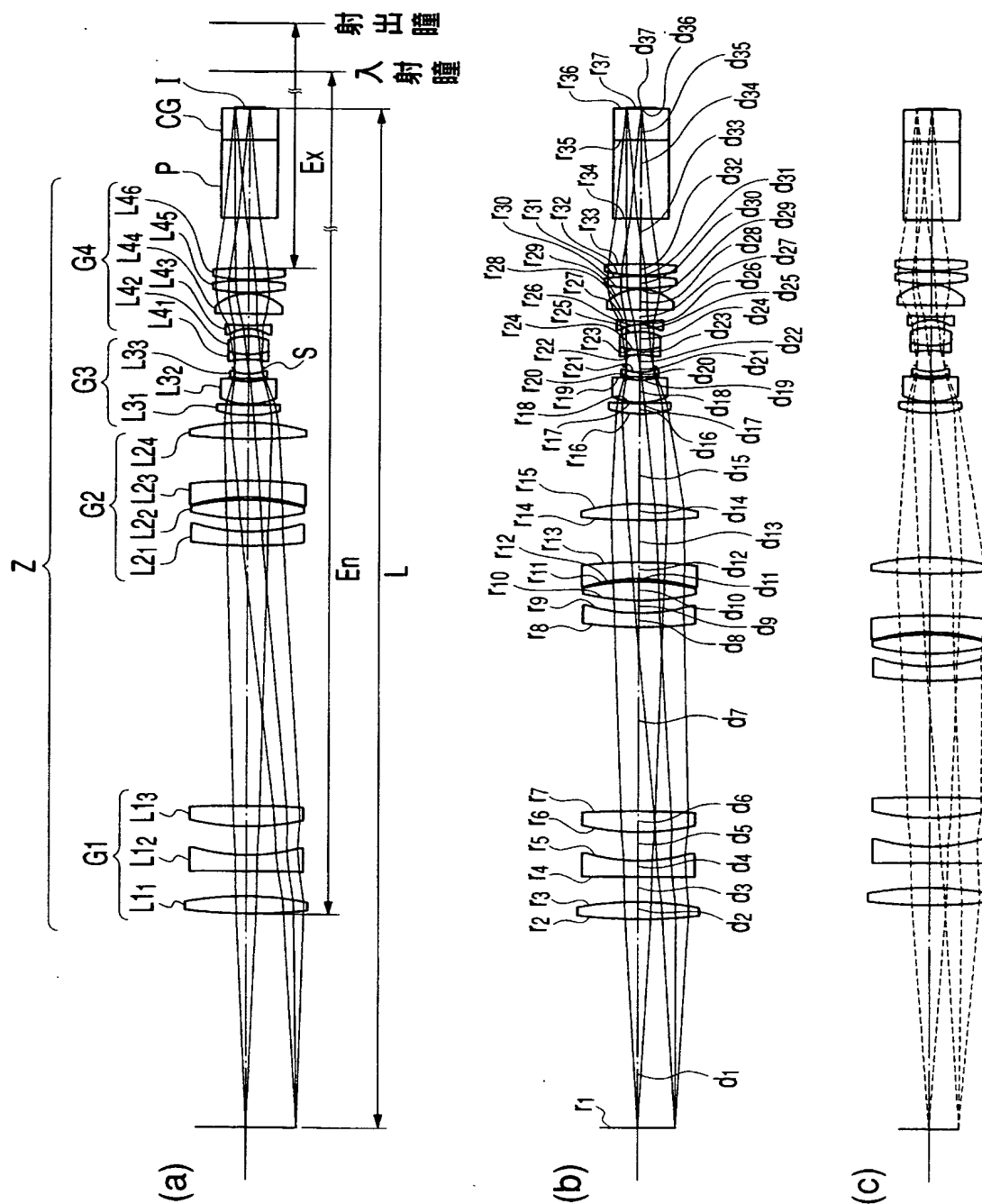
L 1 3''	物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ
L 2 1	物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ
L 2 2	両凸レンズ
L 2 3	物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ
L 2 5'	両凸レンズ
L 2 4	両凸レンズ
L 2 4'	物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ
L 3 1	物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ
L 3 1'	両凸レンズ
L 3 2	物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ
L 3 3	物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ
L 4 1	両凹レンズ
L 4 1'	物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ
L 4 1''	物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ
L 4 2	両凸レンズ
L 4 2'	物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ
L 4 3	両凹レンズ
L 4 3'	物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ
L 4 4	両凸レンズ
L 4 4'	物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ
L 4 5	両凸レンズ
L 4 6	両凸レンズ
L 4 6'	物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ
S	開口絞り
Z	変倍光学系
1 1	光源
1 2, 1 3	リール
1 4	映画フィルム
1 5	撮像光学系

1 6	C C D カメラ
2 1	光源
2 2	偏光ビームスプリッタ
2 3	複数のピンホールが設けられた円盤
2 4	$\lambda/4$ 板
2 5	共焦点光学系
2 6	X Y Z ステージ
2 7	結像レンズ
2 8	撮像素子
2 9	モータ
3 0	ステージ駆動機構
3 1	撮像素子駆動機構
3 2	コンピュータ

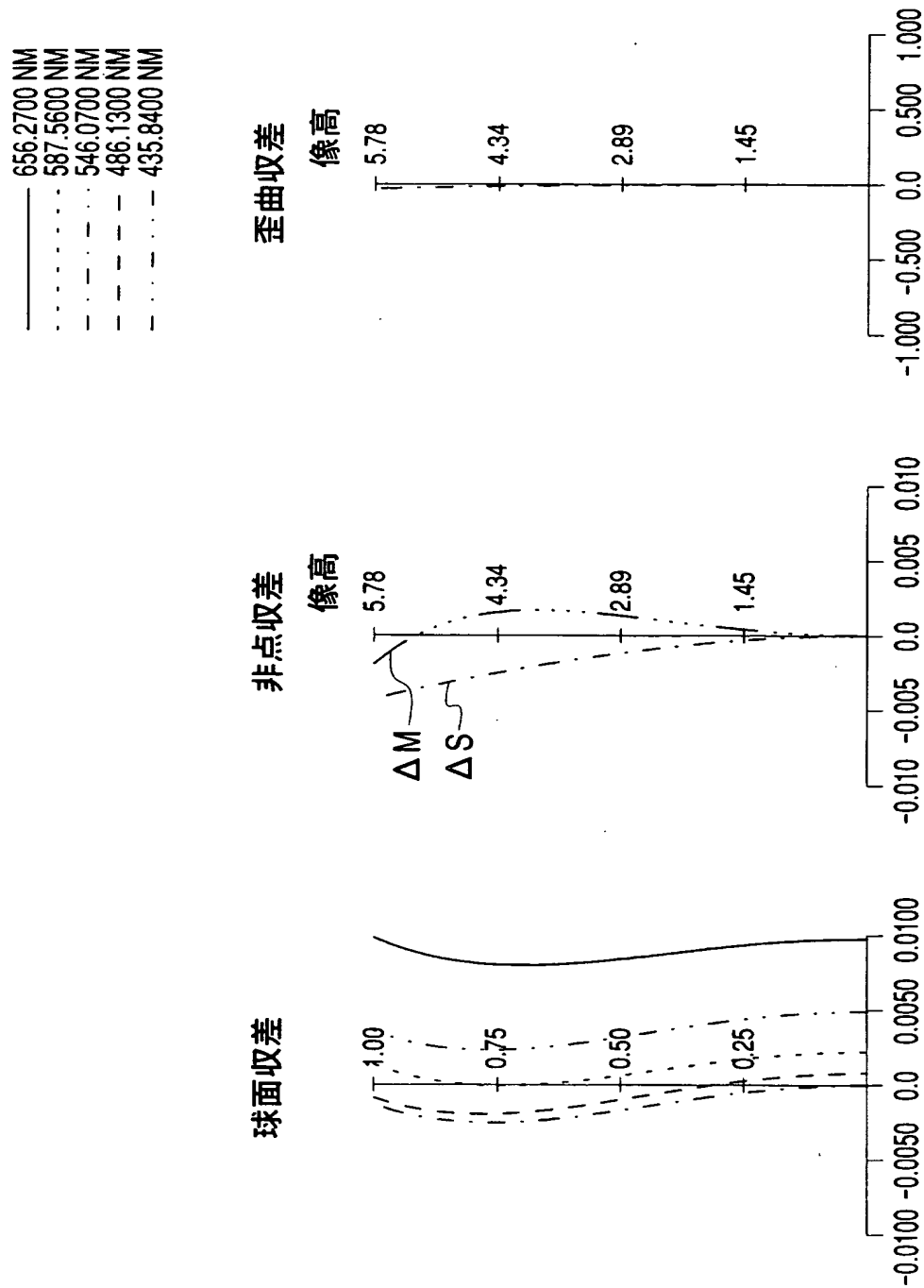
【書類名】

図面

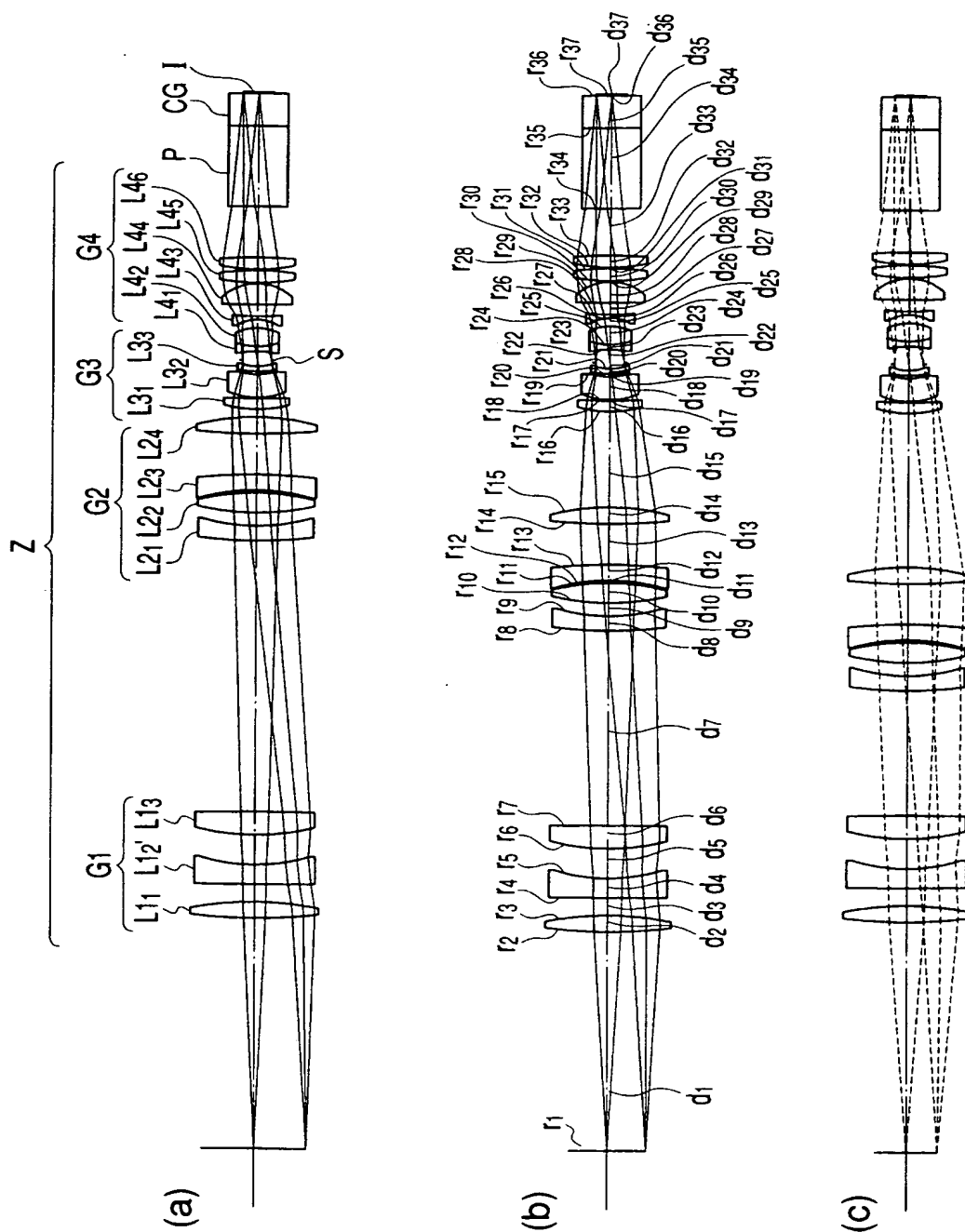
【図 1】



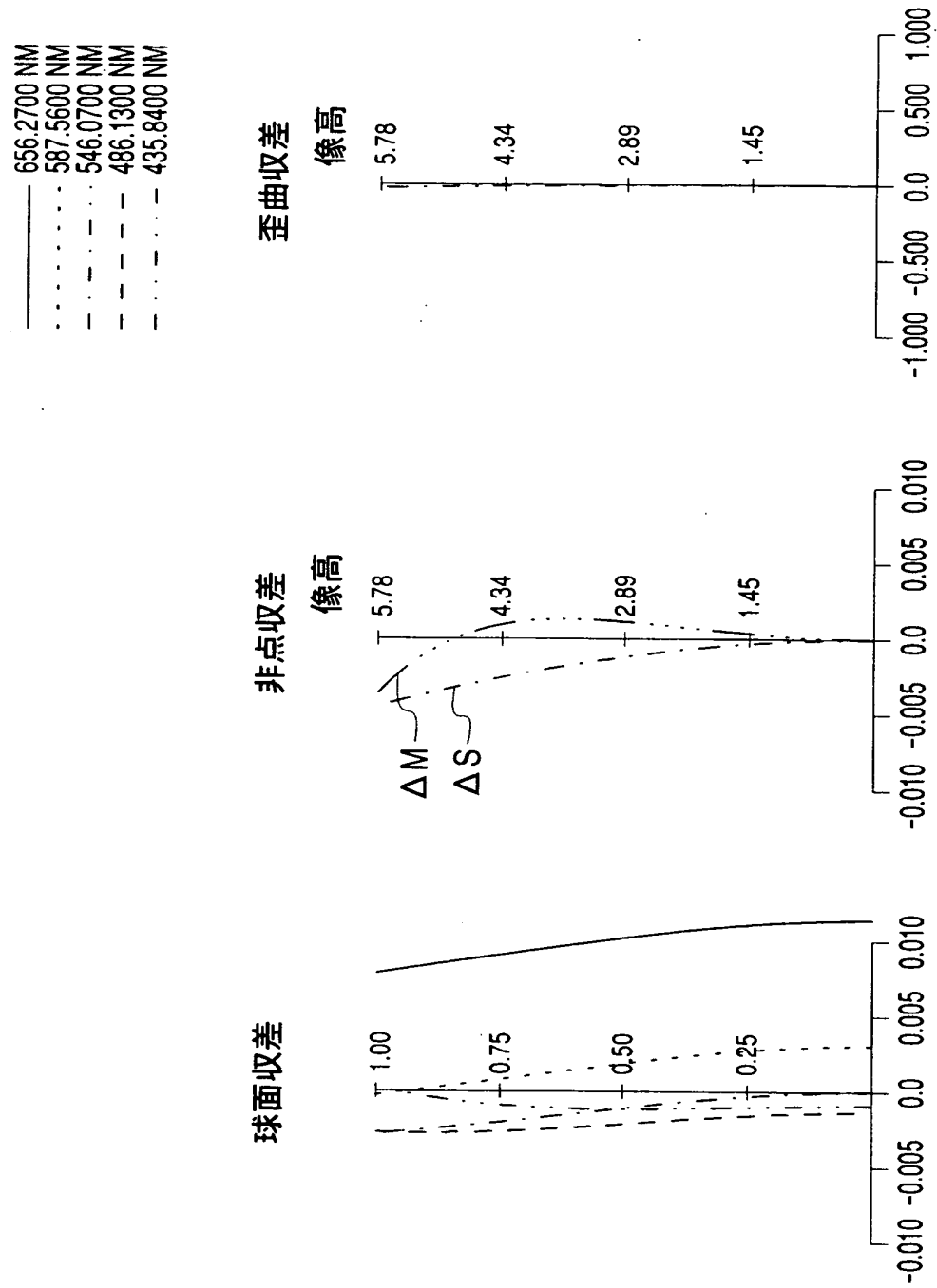
【図 2】



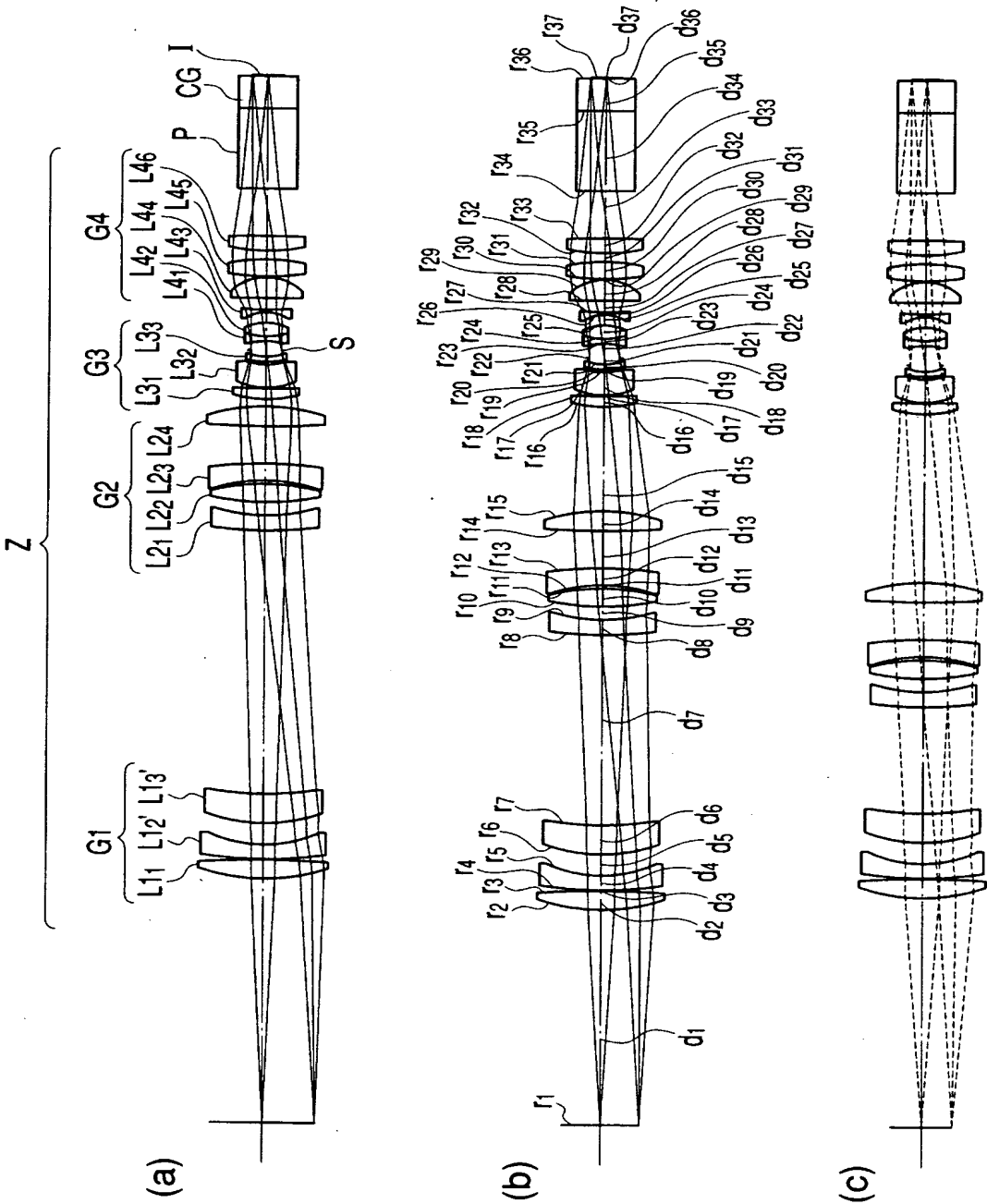
【図 3】



【図 4】

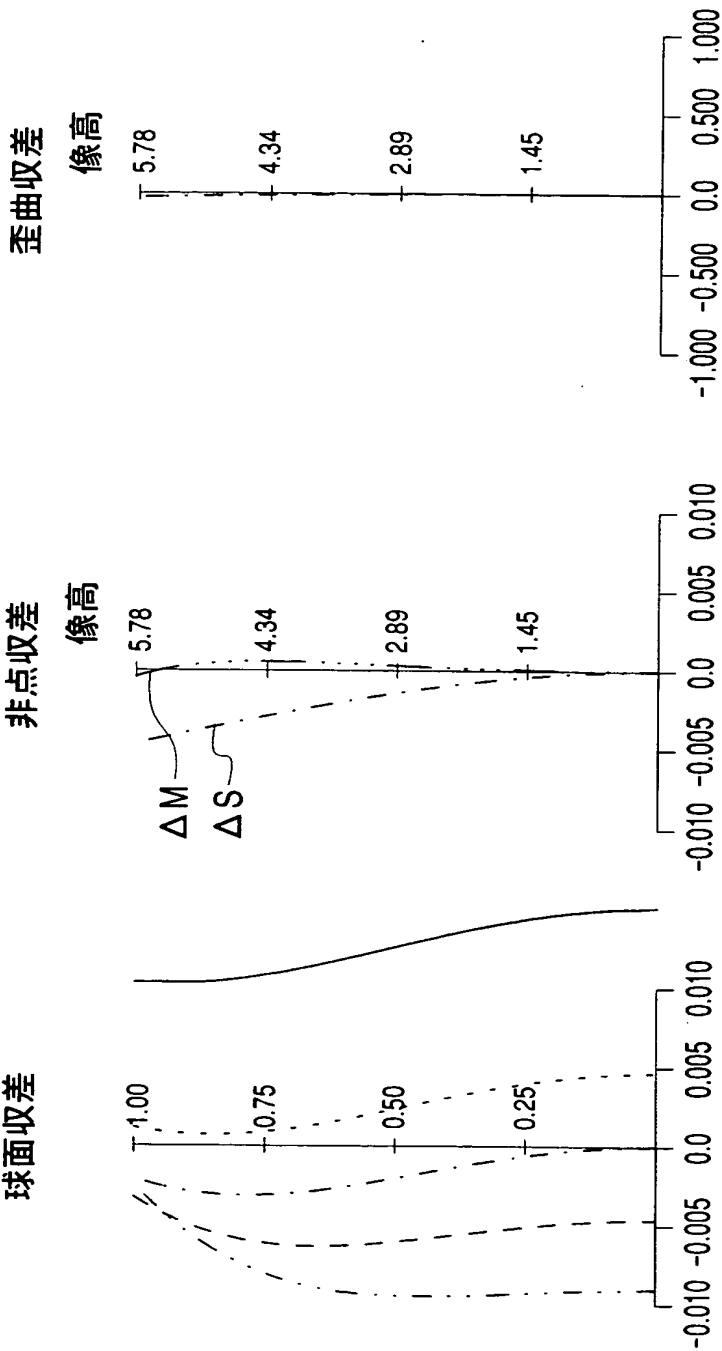


【図 5】

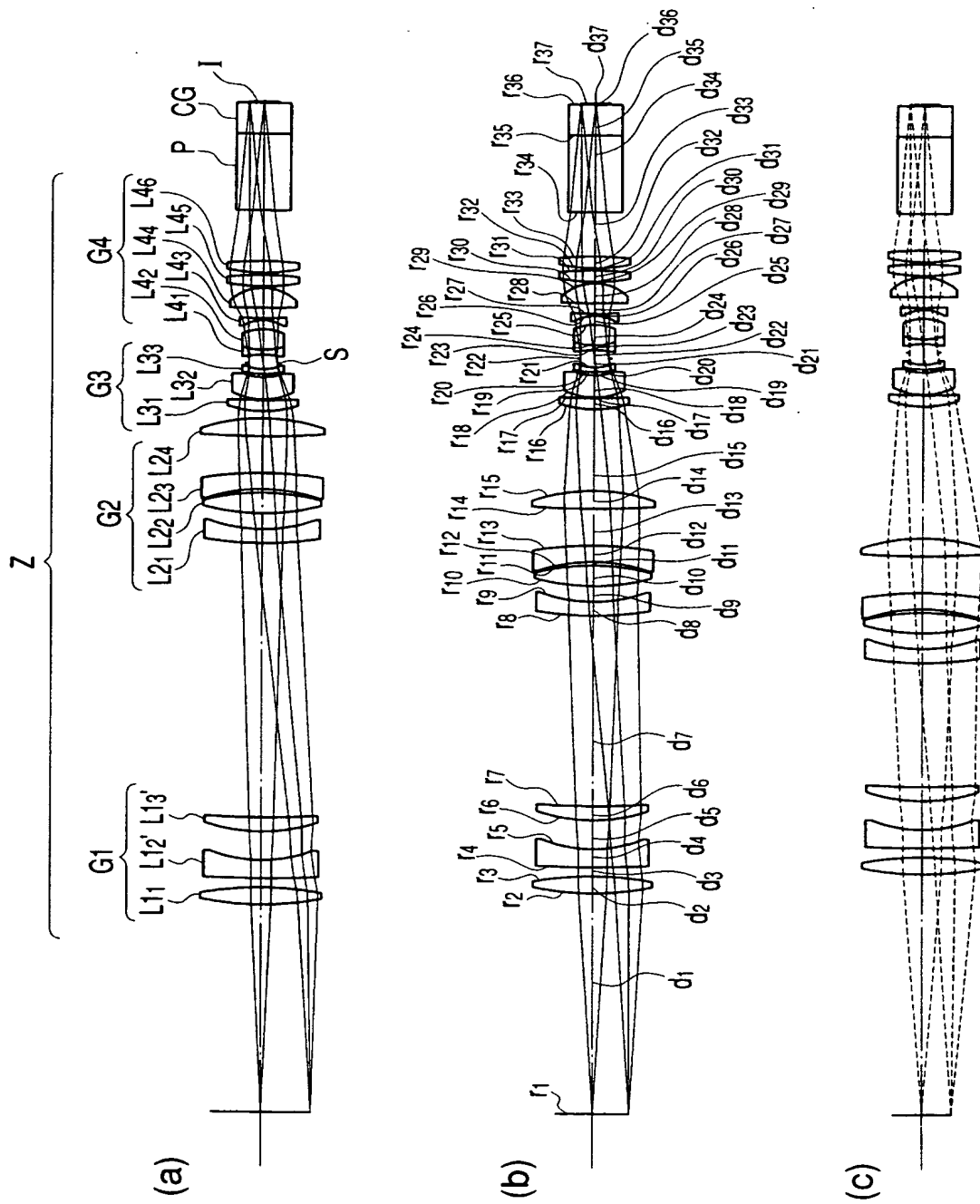


【図 6】

— 656.2700 NM
- - - 587.5600 NM
- - - 546.0700 NM
- - - 486.1300 NM
- - - 435.8400 NM

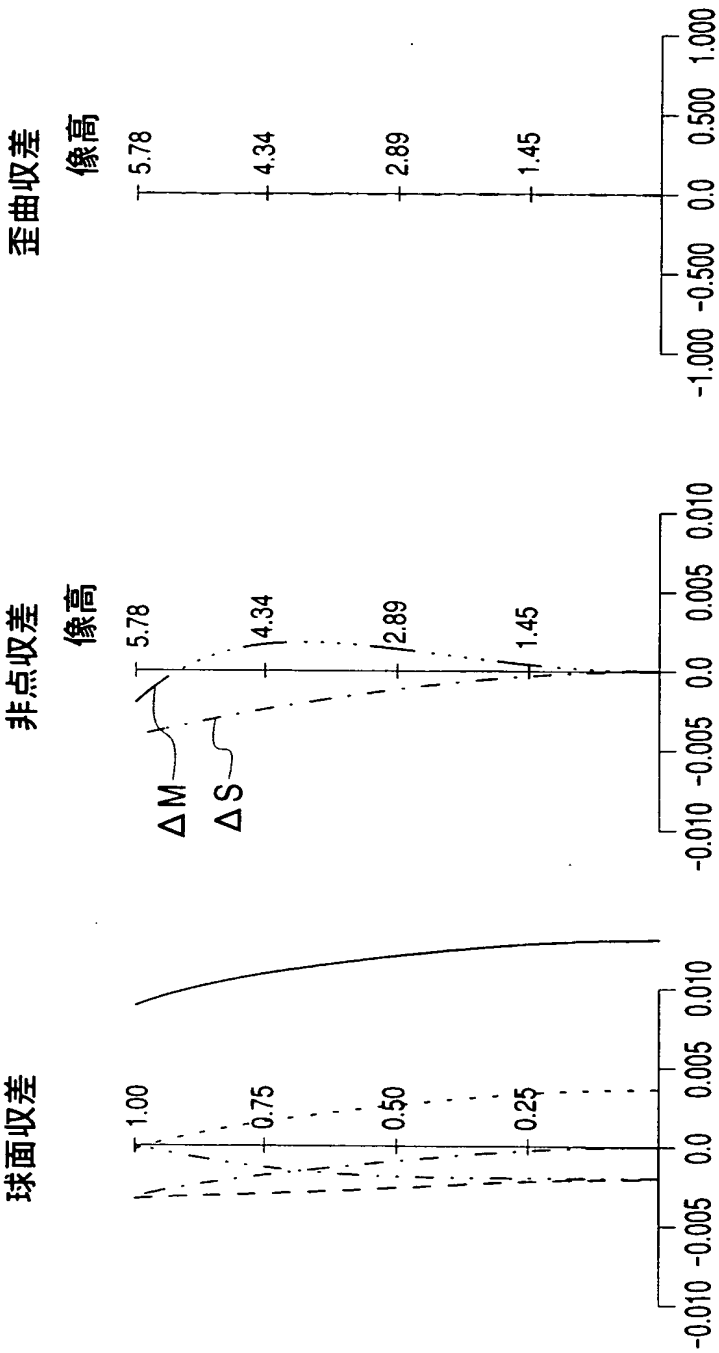


【図 7】

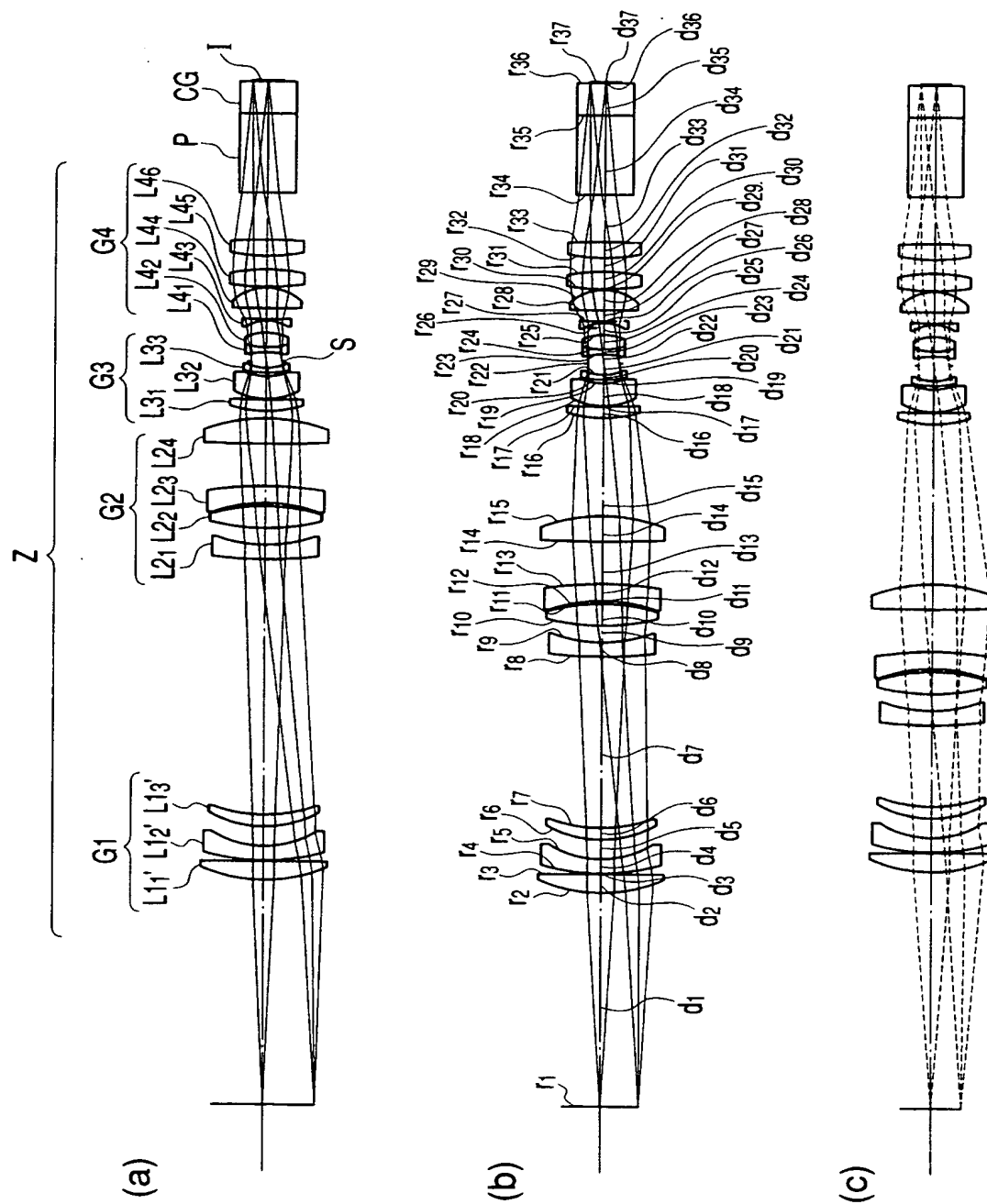


【図 8】

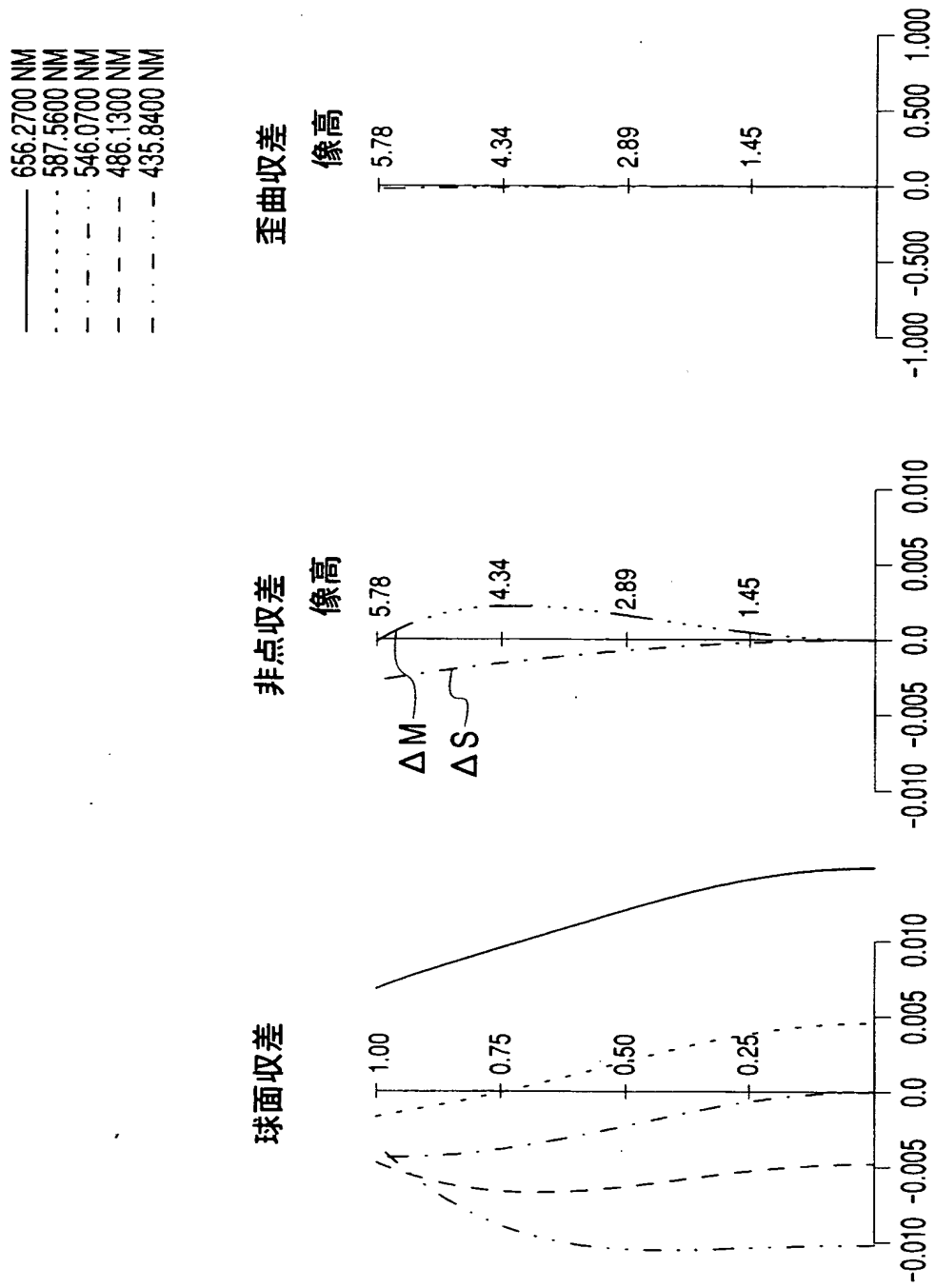
—	656.2700 NM
·····	587.5600 NM
- - - -	546.0700 NM
- - - -	486.1300 NM
- - - -	435.8400 NM



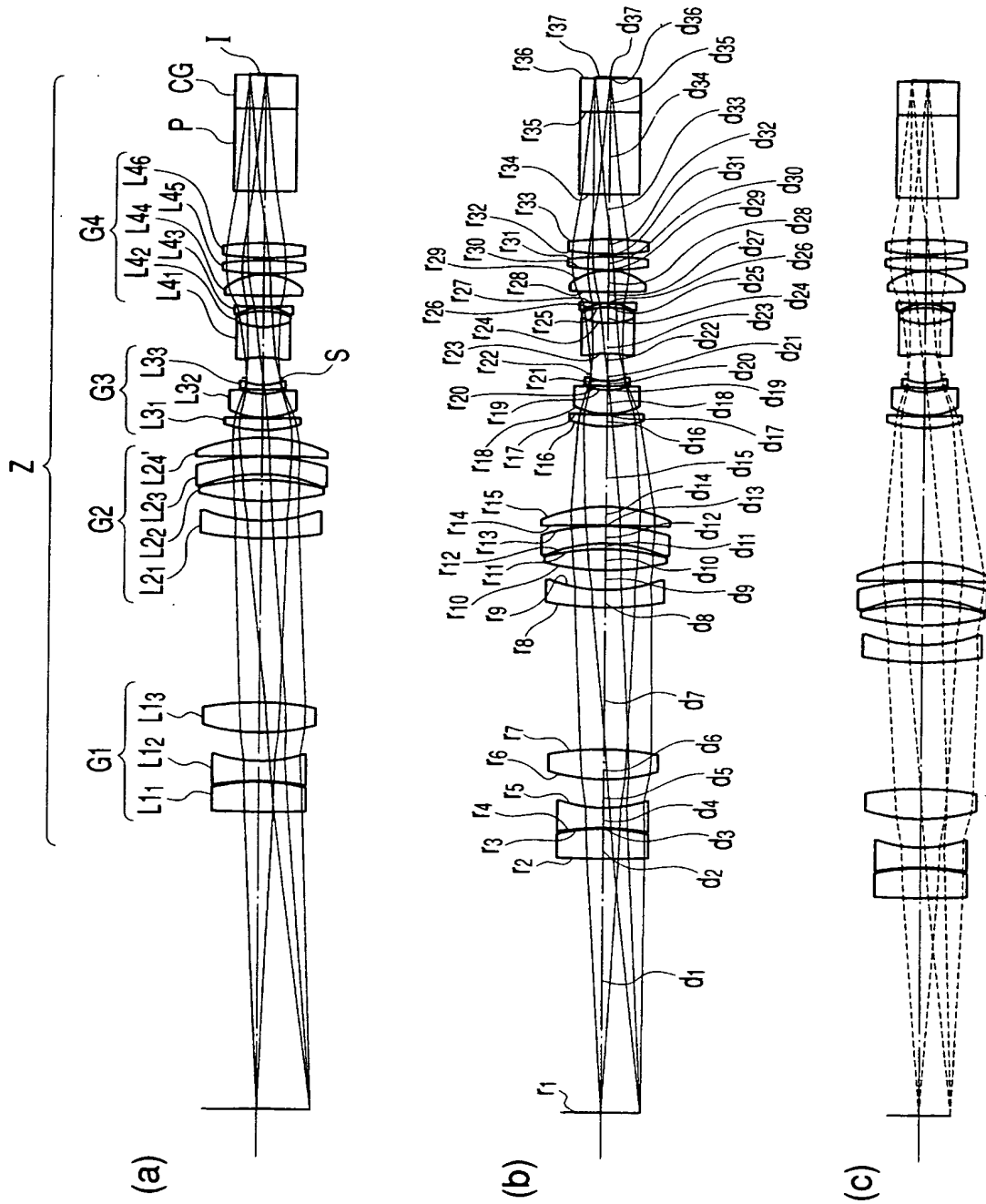
【図 9】



【図 10】

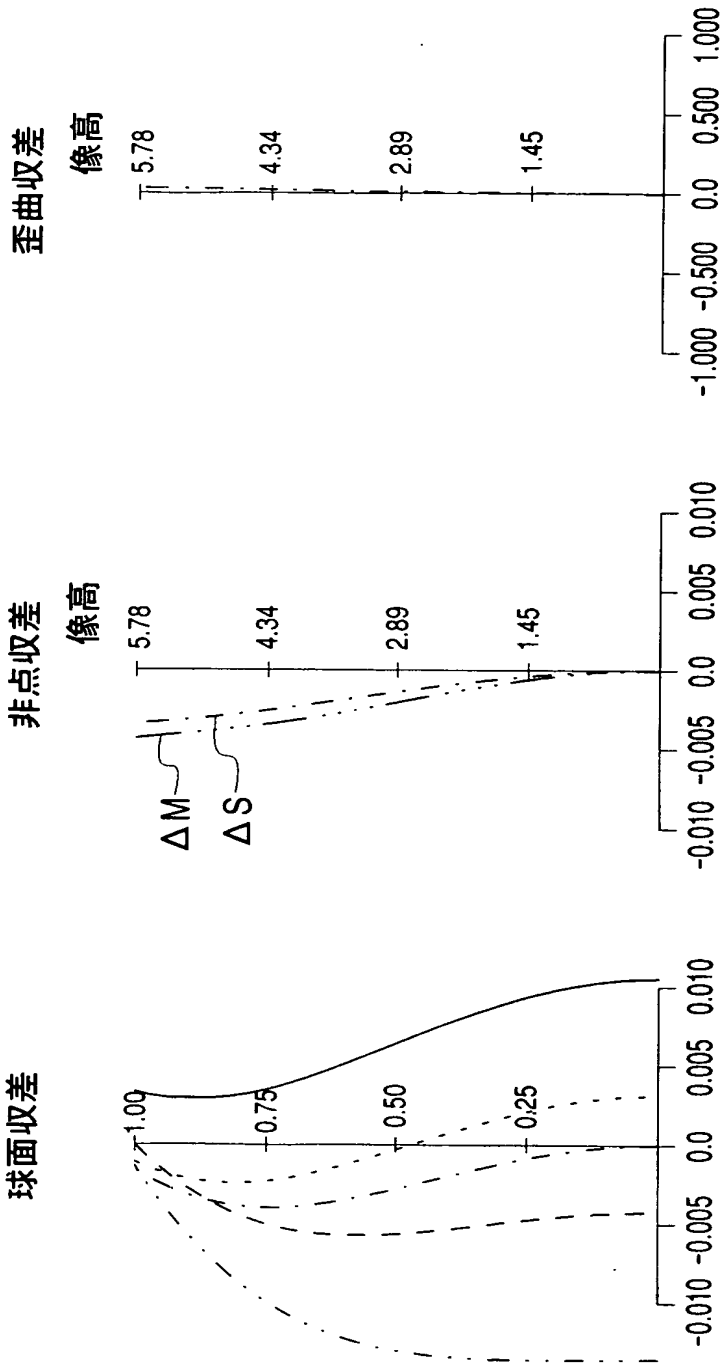


【図 11】

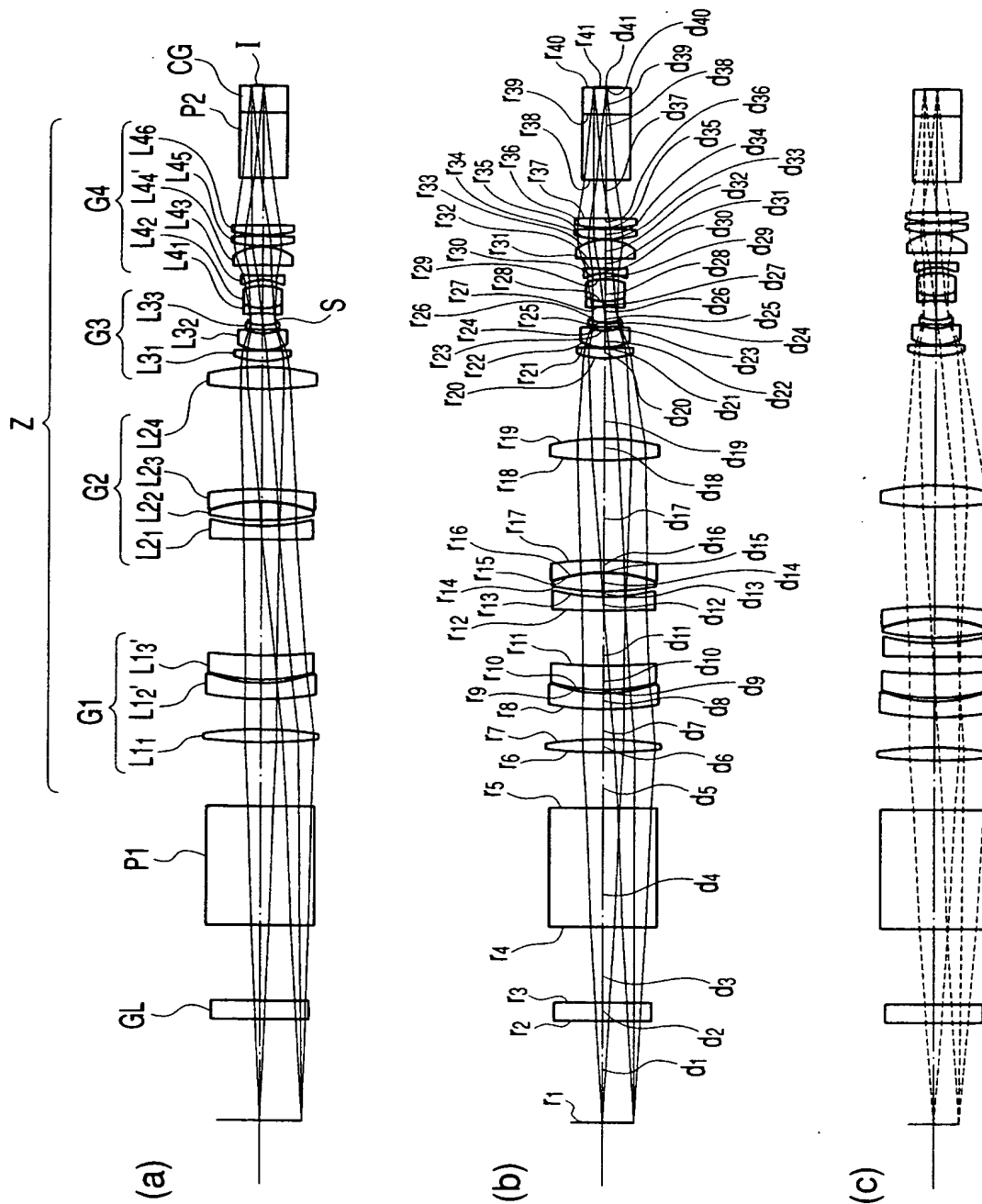


【図 12】

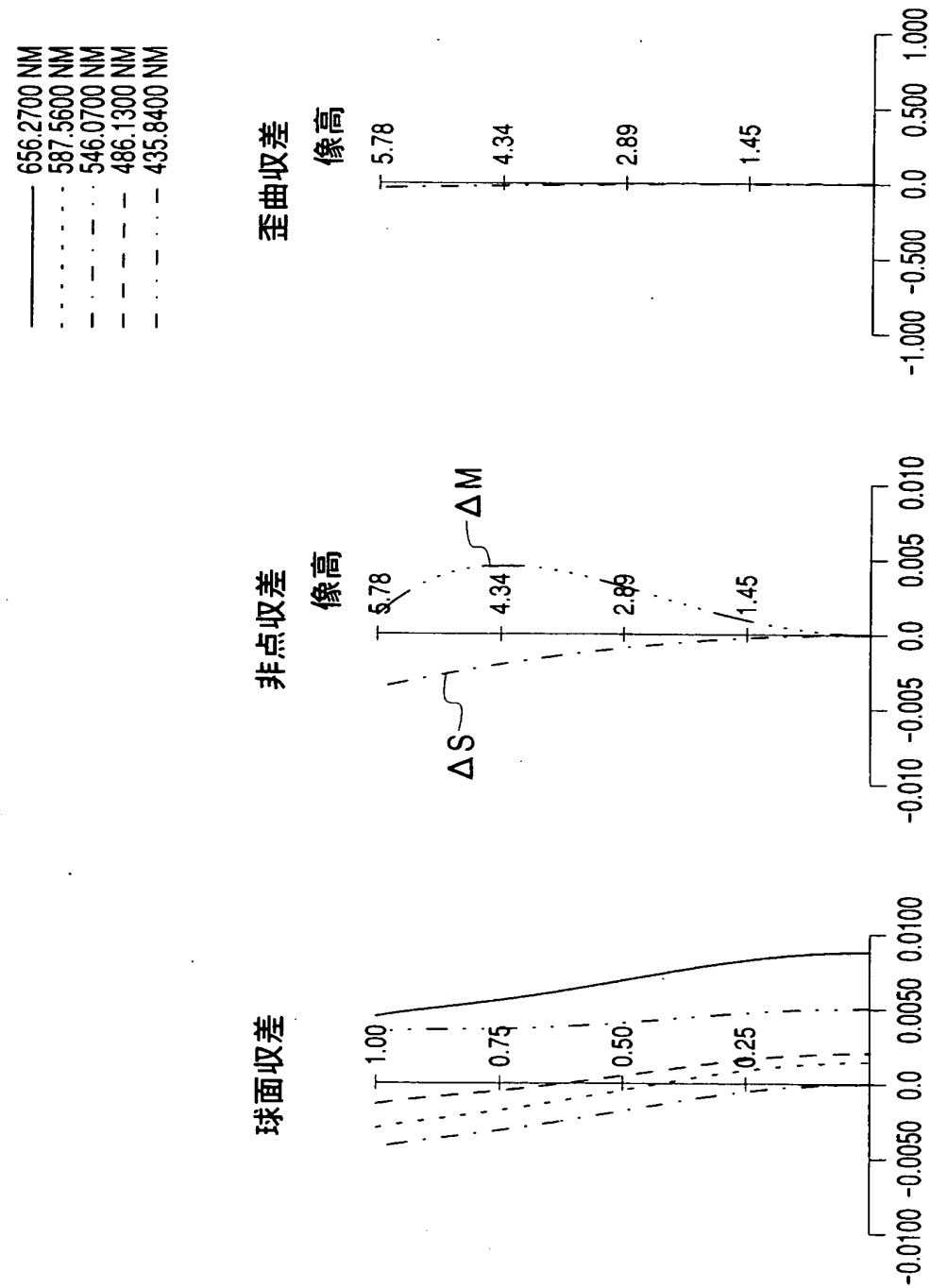
—	656.2700 NM
---	587.5600 NM
- - -	546.0700 NM
- - -	486.1300 NM
- - -	435.8400 NM



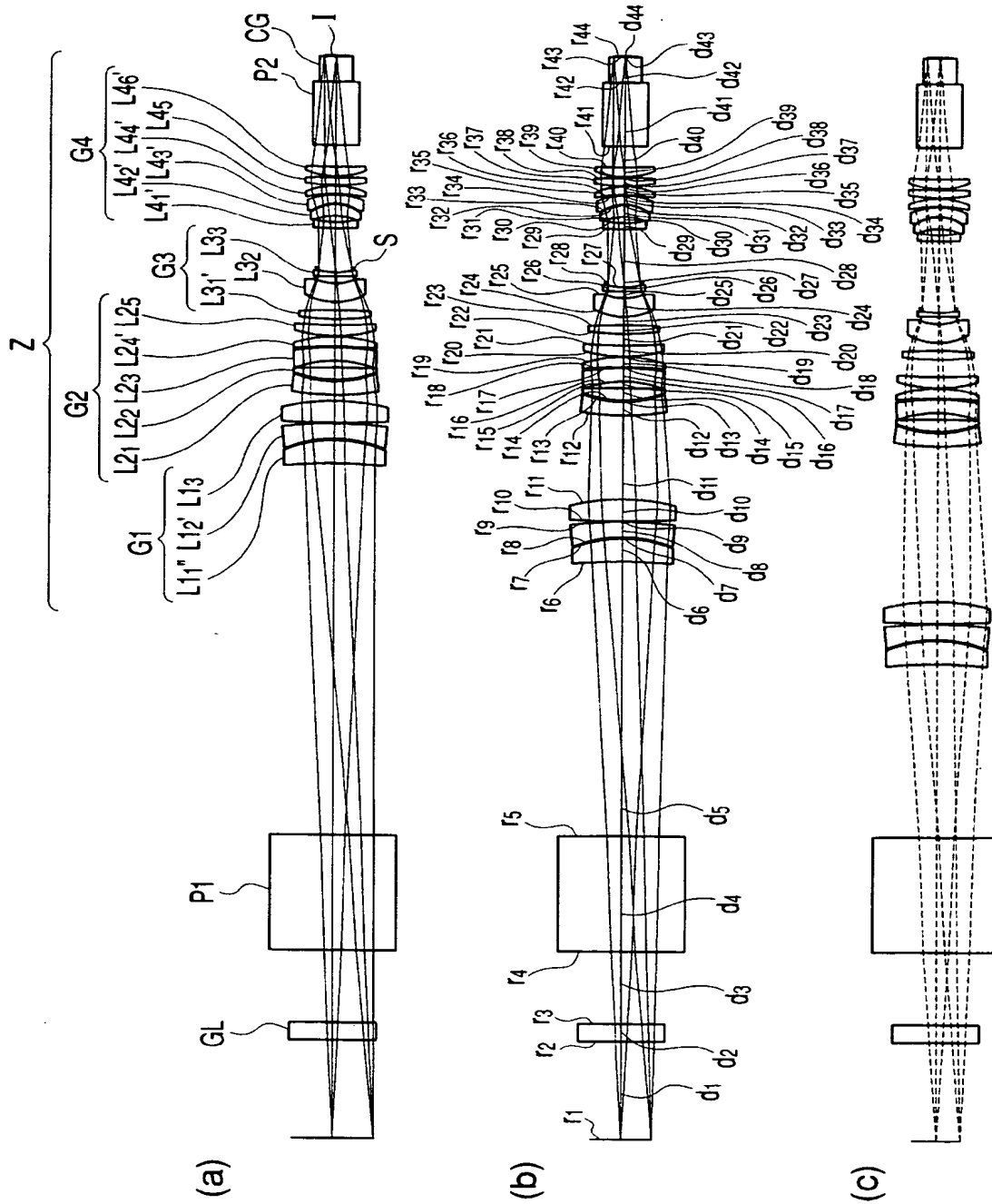
【図 13】



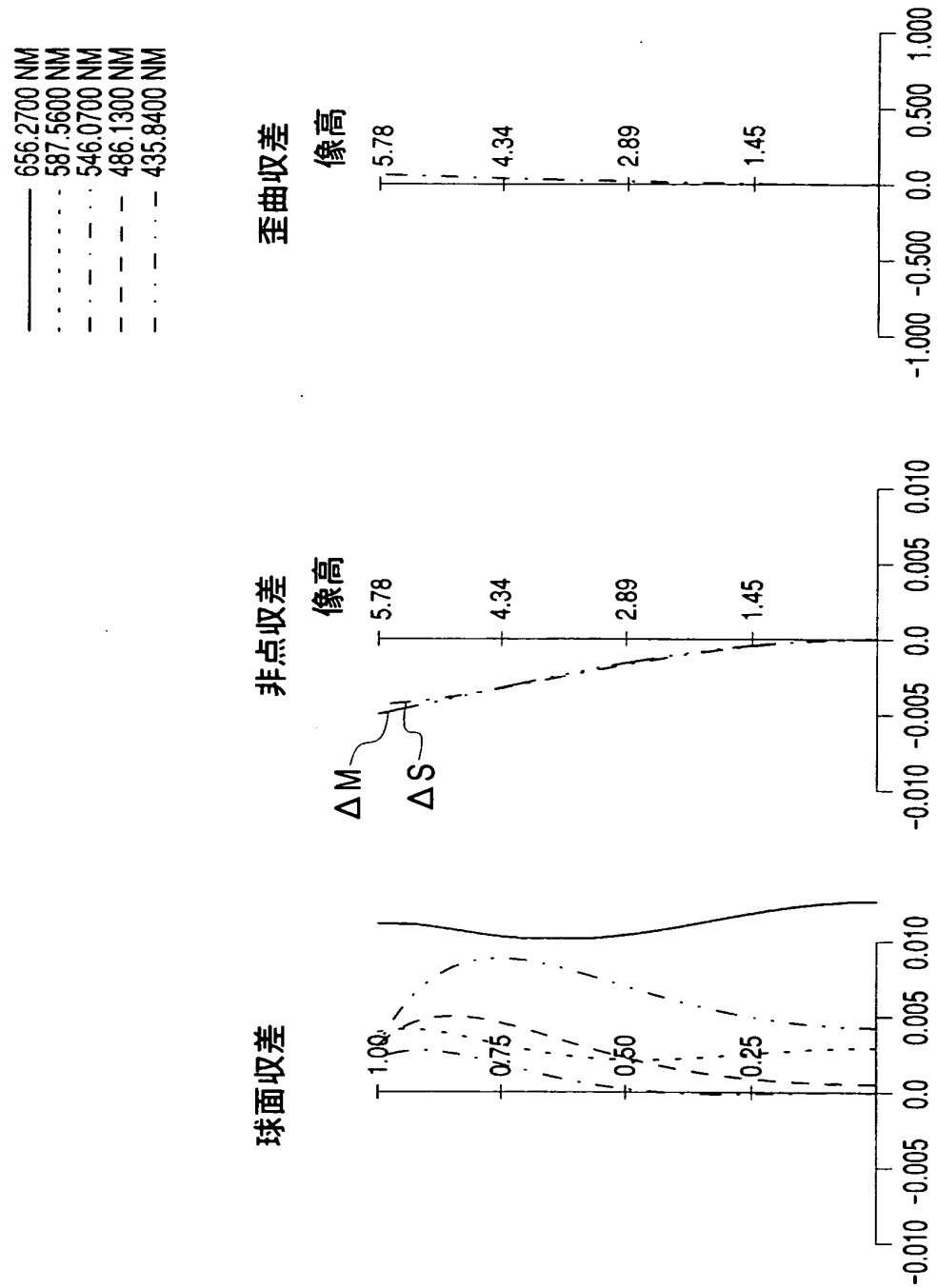
【図 14】



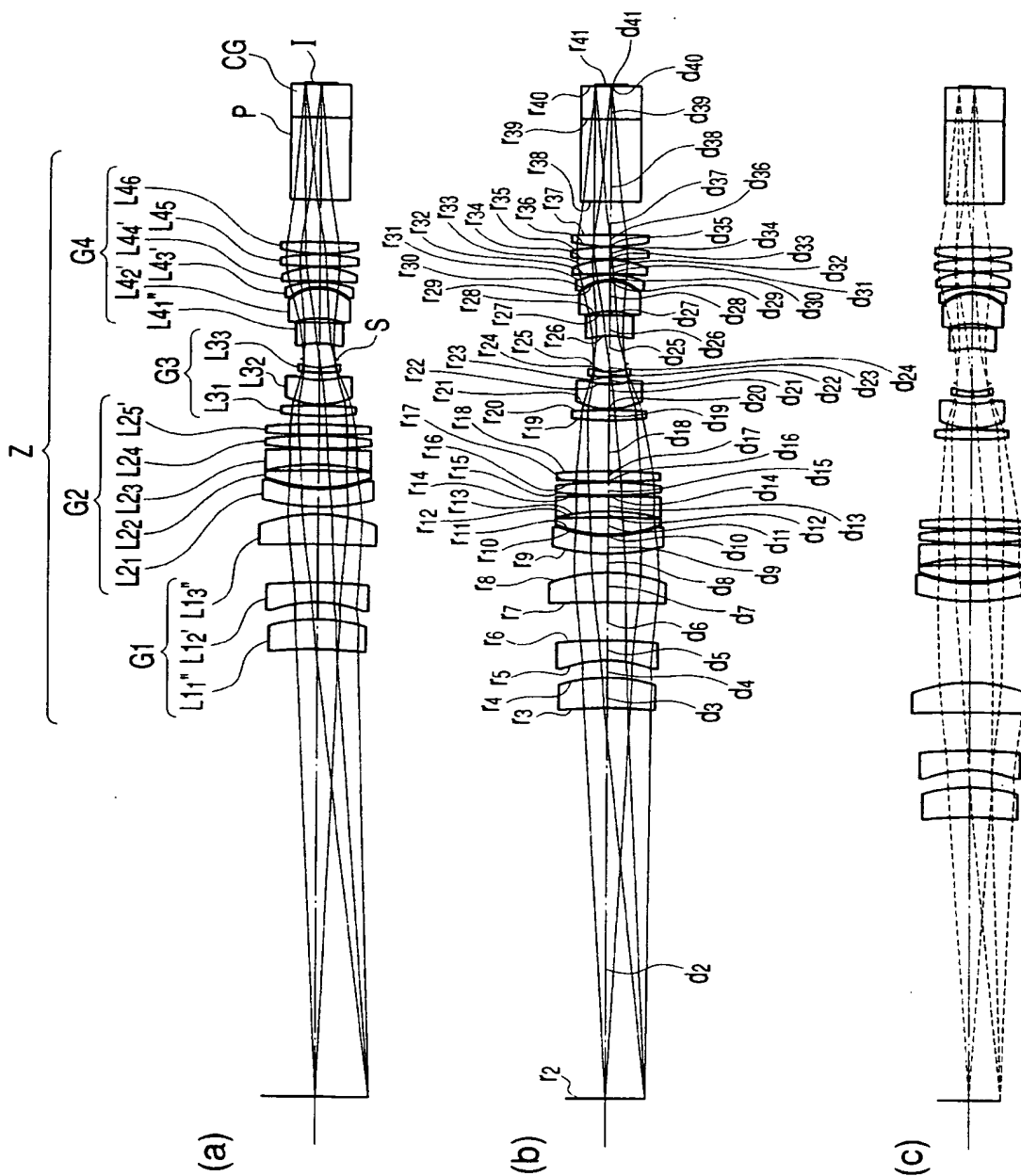
【図 15】



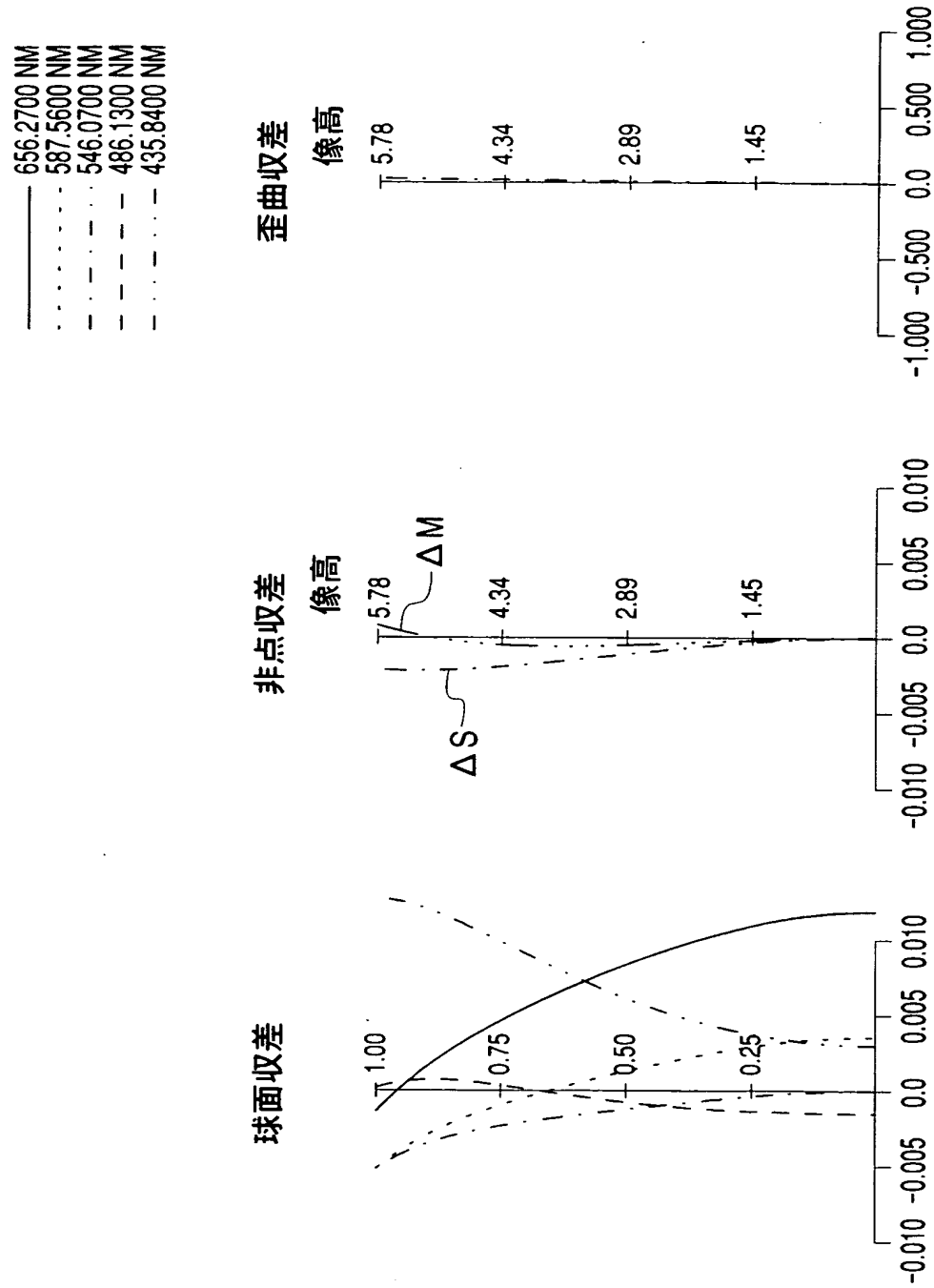
【図 16】



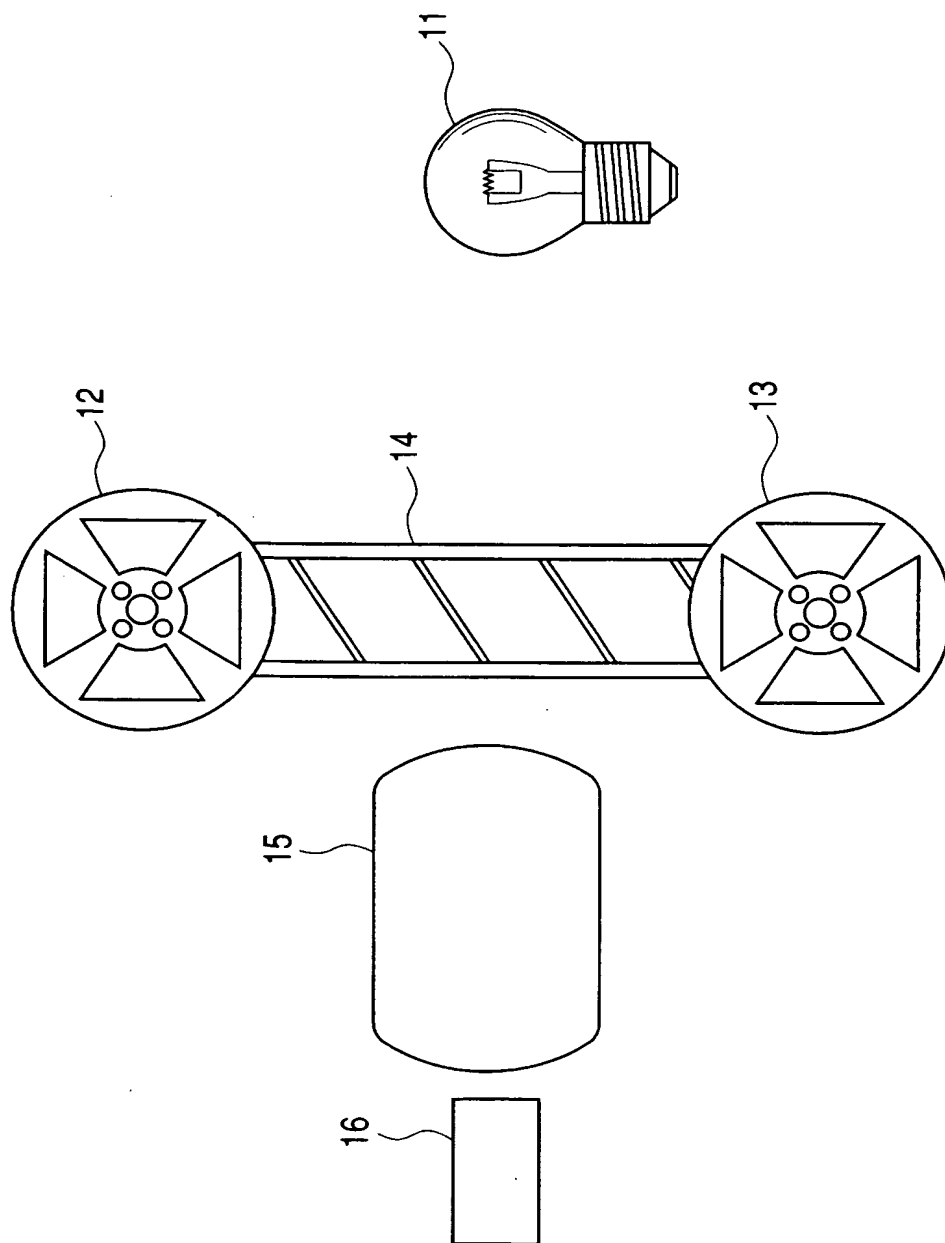
【図 17】



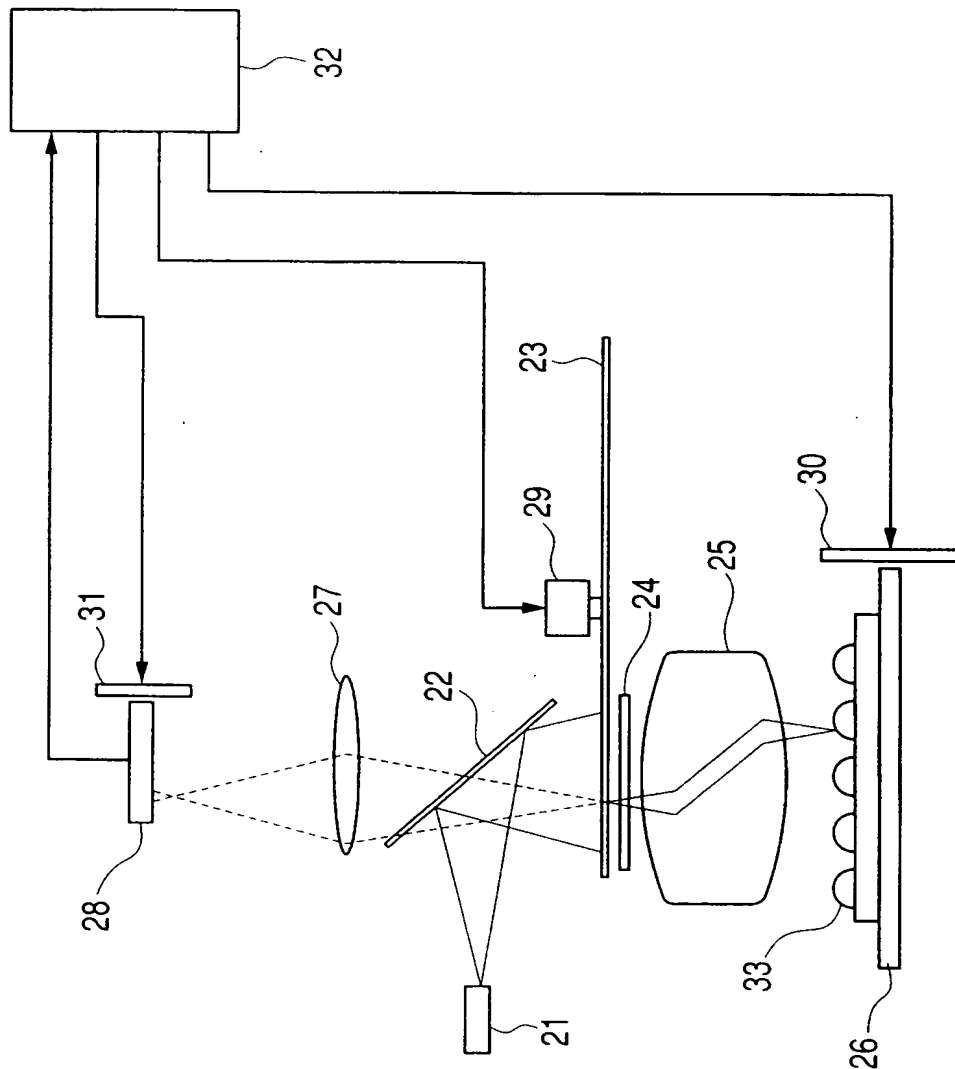
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【課題】 撮像倍率を変化させても物像間距離が一定で、F ナンバーの変動が少ない撮像光学系、及びそれを用いた光学装置を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、正の第 1 群 G 1、正の第 2 群 G 2、負の第 3 群 G 3、正の第 4 群 G 4、第 3 群 G 3、G 4 の間に配置された開口絞り S を備え、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 の間隔、第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 の間隔、第 3 群 G 3 と第 4 群 G 4 の間隔を変化させて変倍する変倍光学系 Z を少なくとも有する撮像光学系であって、物像間距離を一定に保ちながら変倍し、かつ、少なくとも 1 つの変倍状態で次の条件式を満足する。

$$|E_n|/L > 0.4$$

$$|E_x|/|L/B| > 0.4$$

但し、 E_n は変倍光学系 Z の物体側第 1 レンズ面から撮像光学系の入射瞳までの距離、 L は撮像光学系の物像間距離、 E_x は変倍光学系 Z の像側最終レンズ面から撮像光学系の射出瞳までの距離、 β は撮像光学系全系の倍率である。

【選択図】 図 1

特願 2003-056596

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000000376]

1. 変更年月日

1990年 8月20日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名

オリンパス光学工業株式会社